BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

E. DE CYON

L'OREILLE

LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

Ex-libris

Charles Atwood Kofoid



L'OREILLE

A. — PRINCIPAUX OUVRAGES SCIENTIFIQUES DU MÊME AUTEUR

1. **De Choreae Indole, Sede et Nexu cum rheumatismo Articulari, Periet Endocarditide.** Dissert. Inaug. Berlin, 1864.
2. **Die Lehre von der Tabes dorsalis.** Berlin, 1867. S. Librecht.
3. **Principes d'Électrothérapie.** Paris, 1873. J.-B. Baillière et fils (Médaille d'or de l'Académie des Sciences, 1870).
4. **Traité de Physiologie.** 2 volumes. Saint-Pétersbourg, 1873-74. C. Ricker (En russe).
5. **Travaux du Laboratoire physiologique de l'Académie Médico-chirurgicale de Saint-Pétersbourg.** 1874. C. Ricker (En russe).
6. **Methodik der Physiologischen Experimente und Vivisectionen, Mit Atlas.** Giessen et Saint-Pétersbourg, 1876. Librairie Ricker.
7. **Causeries scientifiques.** 1 volume. Saint-Pétersbourg. 1880. C. Ricker (En russe).
8. **Recherches expérimentales sur les fonctions semi-circulaires et sur leur rôle dans la formation de la Notion de l'Espace.** Thèse, Paris, 1878.
9. **Gesammelte Physiologische Arbeiten.** Berlin, 1888. August Hirschwald.
10. **Beiträge zur Physiologie der Schillddrüse und des Herzens.** Bonn, 1898. Martin Hager.
11. **Les nerfs du cœur. Anatomie et physiologie.** Paris, 1905. Félix Alcan.
12. **Die Nerven der Herzens. Anatomie und Physiologie,** édition augmentée. Berlin, 1907. Julius Springer.
13. **Das Ohrlabyrinth als Organ der Mathematischen Sinne für Raum und Zeit.** Berlin, 1908. Julius Springer.
14. **Die Gefässdrüsen als Schutzorgane des Centralnervensystems.** Berlin, 1910. Julius Springer.
15. **Dieu et Science.** Paris, 1910. Félix Alcan.
16. **Opera di Elia de Cyon.** Tradotte in italiano, vol. 1.
17. **Nervi del Cuore.** Traduzione del Dott. Filippo Lussana, Bologna, Nicola Zanichelli, 1911.

B. — PRINCIPAUX OUVRAGES POLITIQUES ET HISTORIQUES

La Russie contemporaine (*Principes de l'Autocratie ; la France et la Russie ; la question des Juifs*). Paris, 1891, Calmann-Lévy.

Nihilisme et anarchie. *Études sociales.* Paris, 1892. *Ibidem.*

Le Bilan de la gestion financière de Wischnegradsky (En russe). Paris, 1892.

M. Witte et les finances russes. 1895. 5e édition. Avec une nouvelle préface. Paris. Librairie Haar et Steinert, Eichler successeur.

Les finances russes et l'Épargne française. 4e édition. Paris, 1895. *Ibidem.*

Histoire de l'entente franco-russe (1886-1894). Avec le portrait de Katkof. 1895. Paris, 3e édition. *Ibidem.*

Où la dictature de M. Witte conduit la Russie. 1897. *Ibidem.*

M. Witte et ses projets de faillite devant le Conseil de l'Empire. 1897. *Ibidem.*

Les deux politiques russes. 1898. Paris. *Ibidem.*

La guerre ou la paix. 1892. Paris. *Ibidem.*

La solution de la crise Mandchourienne. 1 brochure. Paris. 1904. *Ibidem.*

Comment transformer la Russie en État constitutionnel. (En russe et en allemand). Paris. 1904-1905. *Ibidem.*



Imp. Ch. Wittmann

L'OREILLE

ORGANE D'ORIENTATION
DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE

PAR

ÉLIE DE CYON

**Avec 45 figures dans le texte, 3 planches hors texte
et un portrait de P. Flourens.**

PARIS
LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1911

AU GRAND PHYSIOLOGISTE FLOURENS

PRÉFACE

UN SIÈCLE DE RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR LES PROBLÈMES DE L'ESPACE ET DU TEMPS

Il fallait plus d'un siècle de recherches expérimentales, fécondes en découvertes retentissantes, pour arriver à une solution scientifique des problèmes du temps et de l'espace. L'opposition, rencontrée dès le début par cette solution, provenait en grande partie des philosophes et des métaphysiciens, qui depuis des milliers d'années s'épuisaient en efforts stériles pour résoudre ce problème fondamental de la psychologie.

La première tentative de donner, à l'aide de l'expérimentation, une solution physiologique du problème de l'espace date de la fin du XVIII[e] siècle; elle est due à l'éminent physicien Venturi à Bologna, dont les études sur *le sens de l'espace* furent publiées dans les *Indagine fisica sui colori*, sous le titre « Reflessioni sulla conoscenza dello Spazio che noi possiamo ricevar dell'audito ».

Les expériences de Venturi portaient sur la détermination des *directions des sons* : « Comment donc l'oreille nous indique-t-elle cette direction ? Et quel rapport y a-t-il entre le sens de l'ouïe et la connaissance des différents lieux de l'espace ? » demanda Venturi. « De grands génies ont traité un semblable problème à l'égard de la vue : l'éclairer de même à l'égard de l'ouïe ce serait avancer d'un degré l'analyse des sentiments et la connaissance de nous-mêmes. »

Vers la même époque, le 12 janvier 1794, le professeur

Vassali communiqua à l'Académie de Turin « la scoperta fatta dall' abate Spallanzani e da lui medesimo verificata che i pipistrelli, privati della facoltà visiva, conservano tuttavia la potenza di evitare gli ostacoli proposti a lor cammino, non meno che se fossero veggenti. » Spallanzani conclut de ces expériences que les chauves-souris possédaient dans l'oreille *un sixième sens*, celui d'orientation, « qui nous manque et dont nous ne pouvons avoir aucune idée ». Cette découverte a eu, comme nous verrons tout de suite, un grand retentissement et rencontra des objections de plusieurs côtés, notamment de la part du grand G. Cuvier.

Quelques années plus tard, le physiologiste Autenrieth a publié dans *les Archives d'anatomie et de physiologie de Reil*, des études expérimentales sur la direction des sons, qui ont également abouti à la conclusion, *que l'oreille, et notamment les trois canaux semi-circulaires*, situés dans les trois *dimensions de l'espace, nous fournissent des sensations de direction*, qui permettent de nous diriger dans l'espace.

Mais c'est l'illustre Flourens qui fut le véritable initiateur de l'*expérimentation directe* sur les canaux semi-circulaires du labyrinthe de l'oreille. La solution du problème de l'espace se trouvait déjà en germe dans la belle découverte que la « *section des canaux semi-circulaires provoque des mouvements forcés des animaux dans la direction correspondant au plan de chaque canal opéré* ». Les trois canaux, étant situés dans trois plans perpendiculaires l'un à l'autre, les mouvements des animaux, dominés par eux, s'accomplissent forcément dans les trois directions cardinales de l'espace !

Les expériences de Flourens fournirent, quarante ans plus tard, le point de départ de mes propres recherches sur l'orientation à l'aide du sens de l'espace ; recherches poursuivies pendant plusieurs dizaines d'années et qui ont abouti à la démonstration définitive de l'existence dans le labyrinthe de l'oreille de deux organes de sens bien déterminés : le sens géométrique et le sens arithmétique ; deux sens généraux, auxquels

nous devons d'une part la faculté de nous orienter dans l'espace et le temps, et d'autre part l'origine de nos concepts de l'espace, du temps et du nombre. L'ouvrage qui sous forme de monographie a développé intégralement toutes mes recherches sur les fonctions si diverses de ces deux sens, a paru juste un siècle après les premières études de Venturi [1]. Coïncidence heureuse, c'est le très éminent physiologiste de Bologna, Pietro Albertoni, qui un des premiers a publié une analyse critique complète de mon ouvrage et en a fait ressortir, avec un rare entendement, toute la portée physiologique et psychologique ; il l'a enrichi de quelques remarquables observations pathologiques qui démontrent la justesse de plusieurs données importantes de mes expériences.

L'histoire des découvertes scientifiques, qui par leur essence même ne sont pas destinées à des applications pratiques immédiates, présente un très haut intérêt pour la psychologie de la science, ou plutôt pour celle des savants, qui, à un degré quelconque ont présidé à leur création ou à leur développement ultérieur; elle éclaire en même temps d'une vive lumière la psychologie des adversaires de toute grande découverte, faite par autrui, qui lui font une opposition systématique et obstruent les voies de propagation des théories nouvelles, même basées sur des preuves expérimentales indiscutables; ils entravent ainsi la marche victorieuse de la science vers la vérité.

Nous venons de constater que la solution définitive du problème de l'espace et du temps porte sur deux questions distinctes : l'une purement physiologique, celle de l'orientation dans les trois directions de l'espace ; l'autre, d'une importance fondamentale pour la philosophie et les mathématiques, nous dévoile l'origine de nos concepts de l'espace et du temps, ainsi que celle de nos connaissances géométriques et arithmétiques. La découverte de deux sens mathématiques dans

1. E. de Cyon, *Das Ohrlabyrinth als Organ der mathematischen Sinne für Raum und Zeit*. Berlin, Julius Springer, 1908.

l'oreille a démontré combien intimes sont les liens fonctionnels qui les ramènent à une solution unique du problème primordial de la connaissance humaine.

Quand on analyse de plus près les découvertes des illustres savants de la fin du XVIII[e] et du commencement du XIX[e] siècle, qui s'étaient occupés expérimentalement de l'orientation dans l'espace et de la localisation de nos sensations provenant du monde extérieur, on reconnaît aisément que leurs découvertes contenaient déjà des indications suffisamment claires sur la véritable solution à donner au problème de l'espace ; on est donc surpris de voir qu'aucun de ces grands naturalistes n'a essayé de diriger ses investigations expérimentales vers le côté psychologique du problème. Venturi a bien prononcé le mot : « sens de l'espace » et a même essayé de le localiser principalement dans l'organe de l'ouïe, mais il ignorait encore l'admirable système des trois canaux semi-circulaires, disposés perpendiculairement l'un à l'autre dans les trois directions de l'espace ; il lui manquait ainsi le point d'appui fondamental pour s'attaquer au problème philosophique.

Spallanzani de son côté a rencontré des objections contre l'existence même d'un sixième sens résidant dans l'oreille et s'est cru obligé de renoncer à sa découverte.

En effet, le grand Cuvier essaya d'expliquer l'observation de Spallanzani, sans avoir recours à l'hypothèse d'un sixième sens. L'orientation des chauves-souris aveuglées se faisait, selon lui, grâce au développement extraordinaire des organes du toucher dans les ailes et dans l'oreille extérieure de ces animaux. Ces organes du toucher leur permettraient de reconnaître les différences de température, les mouvements et la résistance de l'air, ainsi que le plus léger contact des objets étrangers [1].

Un naturaliste génevois, Jurine, qui a répété les expériences de Spallanzani, a conclu également que l'organe de l'ouïe sert

1. Angelo Mosso, *I Manuscritti di Lazzaro Spallanzani esistenti in Torino*. 1899.

à l'orientation, mais il niait l'existence d'un sixième sens. Lui aussi ignorait l'existence des canaux semi-circulaires, qui, pourtant, comme je l'ai constaté, sont excessivement développés chez les chauves-souris. Après la publication de Jurine, Spallanzani a malheureusement renoncé à son sixième sens et n'a pas poussé plus loin ses investigations.

Il est vrai que Flourens, qui avait reconnu la portée fonctionnelle des canaux semi-circulaires pour l'orientation dans les trois directions de l'espace, s'était, lui aussi, comme ses prédécesseurs, abstenu d'aborder le côté philosophique du problème. Et pourtant Flourens était un profond penseur, doué d'un esprit philosophique très pénétrant. Il en a donné maintes preuves surtout dans ses admirables éloges académiques. Comment expliquer une pareille réserve ?

Il est plus aisé d'indiquer l'effet de cette abstention étrange que d'en préciser les véritables causes. Cet effet se manifesta malheureusement par l'oubli presque complet, dans lequ e sont tombées les découvertes de ces quatre savants, dont deux au moins, l'abbé Spallanzani et Flourens, appartiennent aux plus glorieux représentants des sciences naturelles.

L'étude approfondie des écrits de ces savants semble pourtant indiquer que la véritable cause de l'abstention de Autenrieth et de Flourens d'aborder les conséquences philosophiques de leurs découvertes, doit être cherchée dans la domination que Kant, avec *son apriorisme* des concepts du temps et de l'espace, exerçait déjà vers la fin du XVIII[e] siècle. Une théorie qui paraît tout expliquer, sans exiger des preuves et sans nécessiter des études et des recherches est toujours séduisante.

Ainsi voit-on Venturi reconnaître le rôle dominant de l'oreille comme organe du sens de l'espace et, malgré cela, se prononcer dans l'ouvrage cité plus haut, en faveur des idées de Kant ! Il nie expressément toute possibilité d'une relation entre nos expériences des sens et notre concept de l'espace ; et il raille les objections de Locke contre l'existence de représentations innées.

Ce fut au cours d'une démonstration des fonctions de mes nerfs du cœur, faite sur l'invitation de Longet à l'Amphithéâtre de l'École de Médecine, que Vulpian attira mon attention sur les phénomènes énigmatiques découverts par Flourens. Ma curiosité fut très vivement excitée par les expériences extraordinaires de l'illustre physiologiste; après avoir reproduit le lendemain plusieurs d'entre elles, et confirmé leurs résultats, j'ai décidé de pousser mes investigations plus à fond, avec l'espoir de dévoiler enfin les mystérieuses fonctions du labyrinthe de l'oreille. Il ressortait déjà clairement des expériences de mes prédécesseurs, cités ici, que c'est du côté de notre orientation dans l'espace et de la localisation des objets extérieurs qui nous entourent, qu'il fallait chercher la véritable destination physiologique du système des canaux semi-circulaires.

Aussi ai-je dès le début de l'année 1872 dirigé mes principaux efforts vers l'étude expérimentale des rapports fonctionnels, qui pouvaient exister entre l'organe de la vue et le labyrinthe de l'oreille. J'ai raconté ailleurs, par suite de quelles coïncidences heureuses, j'ai reçu pendant mon séjour à la mer en été 1873, l'intuition des véritables rapports entre les canaux semi-circulaires et le problème de l'espace. Quelques semaines plus tard j'ai adressé aux Archives de Pflüger ma première communication sur la destination physiologique du système des canaux, où j'ai précisé ces rapports.

Ayant ainsi jeté le premier jalon de ma future théorie du sens de l'espace, je m'étais appliqué avec une grande ardeur à approfondir le mécanisme intime des rapports, qui relient le sens de l'ouïe avec le sens de la vue, autrement dit le labyrinthe de l'oreille avec le système oculo-moteur. Dès l'année 1874 j'ai commencé dans mon laboratoire de Pétersbourg des recherches expérimentales dans cette direction; je les ai continuées en 1875 et 1876 dans le laboratoire de Ludwig à Leipzig. En août 1876, Claude Bernard a communiqué de ma part à l'Académie des Sciences de Paris une première note sur le

fonctionnement du mécanisme complexe, par lequel le nerf acoustique domine tous les mouvements des globes oculaires.

Mes recherches sur le nouvel organe des sens furent ensuite continuées à Paris, d'abord dans le laboratoire de Claude Bernard (autrefois celui de Flourens), et achevées ensuite dans mon laboratoire privé. Le 31 décembre 1877 j'ai remis à Claude Bernard pour l'Académie des Sciences ma note définitive, résumant les traits principaux de la théorie des fonctions du système des canaux semi-circulaires, comme organe périphérique du sens de l'espace (Voir ch. III, § 1).

Le premier exposé, très détaillé de toutes mes recherches expérimentales sur le labyrinthe, qui ont servi pour l'édification de ma théorie de la formation de nos concepts de l'espace, fut publié en 1878, dans la Bibliothèque de l'École des Hautes-Études, section des Sciences naturelles, tome XVIII ; et parut également sous forme de Thèse de doctorat à la Faculté de Médecine, sous le titre « Recherches expérimentales sur les fonctions des canaux semi-circulaires et sur leur rôle dans la formation de la notion de l'espace. » Paris 1878.

Une partie de cet ouvrage était consacrée à la réfutation expérimentale de plusieurs hypothèses erronées de Goltz, Mach, Breuer et autres, qui, depuis quelques années commençaient à prendre racine surtout dans le monde médical, et cela malgré leur évidente insuffisance scientifique.

Plus tard, quand j'avais repris mes recherches expérimentales sur le sens de l'espace, j'ai dû consacrer quatre années de travail laborieux et de polémiques retentissantes pour combattre les nombreuses erreurs accumulées.

J'ai cru devoir reproduire dans cet ouvrage une partie de ces polémiques, en raison des tentatives des adeptes de Mach, Breuer (Barány, Bartels, etc.) pour ressusciter les sens défunts, comme le sens de rotation et d'autres contre-sens.

« Les erreurs sont contagieuses comme les maladies, elles se propagent, comme les fausses nouvelles, avec la vitesse d'un éclair et sont difficiles à dissiper ; la santé, elle, n'est

pas contagieuse ; le rétablissement de la vérité ne se fait jour et ne triomphe qu'après de longs combats », écrivais-je, il y a quelques années à propos des funestes erreurs myogènes ; ces dernières n'ont laissé que le souvenir de nombreux cardiaques, victimes des aberrations malheureuses.

A la fin de la première période de mes recherches sur le labyrinthe de l'oreille comme organe du sens de l'espace, j'ai tiré trois *déductions* de ma théorie du sens de l'espace, édifiée par voie *inductive* sur les résultats d'innombrables recherches ; je me proposais de les vérifier ultérieurement par voie expérimentale. Une pareille confirmation de déductions donne, en effet, la valeur de la *certitude* aux résultats obtenus par la voie inductive.

1° Si les trois canaux semi-circulaires servent pour l'orientation dans les trois directions de l'espace, les animaux ne possédant que deux paires de canaux, comme les lamproies, ne doivent pouvoir s'orienter que dans deux directions. J'ai pu encore moi-même vérifier la justesse absolue de cette déduction par des expériences sur des lamproies, publiées dans mon ouvrage de 1878. 2° Les non-vertébrés qui ne possèdent pas du tout de canaux semi-circulaires, doivent s'orienter grâce aux saccules de leurs oreilles. Partant de cette affirmation, Yves Delage a exécuté une grande série de recherches sur l'orientation des crustacées, qui avaient parfaitement confirmé ma déduction. Hensen et d'autres savants sont arrivés par voie expérimentale aux mêmes résultats. 3° Ma troisième déduction, formulée en 1878, affirmait que les sourds-muets ne doivent connaître ni le vertige, ni le mal de mer, quand leur système de canaux semi-circulaires est hors de fonction. Cette dernière déduction fut depuis confirmée par les observations et expériences de W. James, Strehl, Bruck et autres.

Parmi les confirmations expérimentales de mes déductions, je dois relever tout particulièrement la belle découverte de B. Rawitz, que chez les souris japonaises la dégénérescence de leur labyrinthe est la véritable base anatomique de leurs

mouvements et de leurs danses forcées. Du premier coup Rawitz a reconnu la grande portée de sa découverte et a justement expliqué les danses si étranges, d'origine restée longtemps mystérieuse, comme des troubles d'orientation.

La découverte de Rawitz sur les souris dansantes est une brillante démonstration de la justesse de ma première déduction. Sans expérimentation aucune, à l'aide de simples observations, on peut se convaincre que les animaux, à une ou à deux paires de canaux ne peuvent s'orienter que dans une ou dans deux directions de l'espace. Mes propres études sur les souris japonaises ont permis d'approfondir davantage ce mode de fonctionnement des canaux semi-circulaires.

Tout récemment, l'éminent Professeur Ehrlich, avait réussi à produire artificiellement des souris dansantes, en leur injectant une préparation arsénicale, l'arsacetin. Sur son invitation, Paul Röthig s'est chargé d'examiner dans le laboratoire d'Edinger l'état de leur système nerveux central et a réussi, à l'aide de la méthode de Marchi, à constater chez ces animaux une dégénérescence très prononcée du nerf vestibulaire et du *tractus opticus*. Nous relatons dans le § 6, chap. III, ces recherches mêmes du Dr Röthig ; contentons-nous de reproduire ici la principale de ses conclusions : « Les troubles d'orientation qui se manifestent chez ces souris par des mouvements de rotation et de zigzag, et leurs rapports avec la dégénérescence des nerfs vestibulaires ne peuvent s'expliquer qu'à l'aide de la théorie de Cyon sur les fonctions du labyrinthe. Cyon avait démontré par une longue série de recherches expérimentales que les canaux semi-circulaires sont les organes périphériques exclusifs du sens de direction et de l'espace. Rawitz avait donc eu parfaitement raison de rattacher ses belles recherches anatomiques sur les souris japonaises à la théorie de Cyon. »

La solution scientifique du problème de l'orientation dans l'espace a été développée avant la fin du siècle dernier. Dans cet ouvrage, consacré principalement au problème de l'orien-

tation j'ai dû me contenter d'indiquer à grands traits la solution du problème mathématique et philosophique de l'espace et du temps, telle que je l'ai définitivement élaborée au cours de ce siècle. Déjà dans mon ouvrage de 1878 j'ai exprimé la conviction, que la géométrie d'Euclide avait pour base les expériences sensorielles du labyrinthe de l'oreille. L'éclosion de la géométrie non-euclidienne vers la même époque m'a forcément empêché de donner un plus ample développement à cette conviction intime. Après avoir consacré plusieurs années d'étude pour reconnaître les assises principales de la nouvelle géométrie imaginaire, j'ai réussi à démontrer qu'elles sont impuissantes à ébranler ma conception sensorielle de la géométrie d'Euclide ; alors je m'étais appliqué à la démonstration rigoureuse de l'origine physiologique des définitions et des axiomes de cette dernière.

L'expérimentation qui se rapporte à cette démonstration n'a pu porter que sur des hommes. Les résultats de mes premières études ont paru simultanément dans la *Revue Philosophique* de Th. Ribot et dans *les Archives de Physiologie* de Pflüger, sous le titre « Les bases physiologiques des axiomes et des définitions d'Euclide ».

La démonstration de l'origine sensorielle de ces définitions et axiomes devait forcément faire ébranler la doctrine kantienne de l'apriorisme de nos concepts de l'espace et du temps et des axiomes géométriques. J'ai ensuite établi les véritables rapports entre les formes géométriques non-euclidiennes et celles d'Euclide, notamment, que les premières sont purement imaginaires, et ne peuvent prétendre à aucune réalité. Aussi sont-elles inaccessibles à notre connaissance sensorielle.

La partie expérimentale, se rapportant à ce problème, portait également sur le fameux axiome du parallélisme, ce *noli me tangere* de la géométrie euclidienne. J'ajoute que l'ensemble des autres expériences, faites sur l'homme, et exposé dans le chapitre v de cet ouvrage, a eu également une portée considérable pour les deux parties du problème,

dont il a été question plus haut. Ces expériences exécutées sur l'homme ont établi définitivement et directement, que c'est bien dans l'excitation par des ondes sonores des terminaisons des nerfs vestibulaires, qu'il faut chercher la source de nos sensations de direction et d'espace. La mise hors conteste de ce fait a rétabli l'unité dans le mode de fonctionnement de deux parties du labyrinthe : le système des canaux semi-circulaires avec leurs ampoules et le limaçon avec l'organe de Corti. La source de leurs excitations à toutes les deux est identique : ce sont des vibrations d'air et des ondes sonores.

C'est à cette occasion que je fus amené à introduire le problème du temps dans le domaine de mes recherches expérimentales sur l'espace. Dans cette nouvelle voie de mes recherches j'ai eu comme précurseurs deux illustres physiologistes : E. H. Weber, et K. Vierordt. Leurs études expérimentales furent poursuivies vers la même époque. Le premier d'eux a choisi comme champ d'investigations le sens de l'espace, l'autre le sens du temps ; mais tous les deux ont abouti à la même conception de ces deux sens, comme *sens généraux mathématiques*, destinés à mesurer et à diriger les sensations et les perceptions des cinq autres sens. Cette conception a servi de phare lumineux pendant les dernières étapes de l'édification de mon ouvrage *Das Ohrlabyrinth als Organ der mathematischen Sinne für Raum und Zeit*. Les deux chapitres consacrés l'un au sens géométrique (espace), l'autre au sens arithmétique (temps et nombre), ont ensuite paru revus et complétés en tête de mon ouvrage *Dieu et Science*.

Dans une étude très étendue et très pénétrante que le célèbre philosophe thomiste Ernest Commer[1] a bien voulu consacrer à mes solutions physiologiques du problème de l'espace et du temps, j'ai trouvé des indications très précieuses, montrant que mes conceptions du problème con-

1. Professor Dr Ernst Commer : *Jahrbuch für Philosophie und spekulative Theologie*, Bd XXV, 1. Juli 1910, Paderborn.

cordent dans les traits principaux avec celles des grands philosophes, Aristote et saint Thomas d'Aquin. J'espère revenir ultérieurement sur les nombreux points de contact entre les résultats de mes recherches expérimentales relatifs aux organes des sens du temps et de l'espace, démontrant la justesse des géniales conceptions purement intuitives de ces deux grands penseurs. « Pour déduire les lois de la pensée, ainsi que pour découvrir leur harmonie avec les lois du monde physique, accessibles à nos sens, la collaboration de deux connaissances, spirituelle et sensorielle, est indispensable. Ce sont les trésors de l'expérience sensorielle, accumulés dans notre cerveau, qui fournissent à notre intelligence des bases solides pour la déduction des lois et pour la vérification éventuelle de leur exactitude. Les déductions logiques ne peuvent prétendre à la justesse absolue, qu'à la condition, que l'expérience sensible en ait contrôlé la vérité[1] ».

C'est en ces termes que j'ai précisé la portée de la véritable connaissance humaine. La concordance entre les données de mon expérimentation sensible et les théories, déduites logiquement des intuitions géniales de l'esprit, est dans le cas de ma théorie d'autant plus précieuse, qu'il s'agit ici de l'esprit d'Aristote, le fondateur de la psychologie et de son plus puissant continuateur Thomas d'Aquin.

Au début de la préface, en parlant des premières recherches de Venturi, nous avons cité quelques lignes, qui prouvent que c'est l'apriorisme de Kant qui l'a empêché d'approfondir davantage la portée philosophique de ses observations. Depuis lors toute tentative de résoudre d'une façon scientifique le problème de l'espace et du temps se heurtait à la philosophie aprioristique de Kant. Ceci s'applique aussi bien aux tentatives faites par des philosophes, comme Beneke, Ueberweg et d'autres, par des mathématiciens comme Gauss et par des mathématiciens-physiologistes comme Helmholtz, par exemple.

1. *Dieu et Science*. Ch. III, § 11.

Ce dernier a dû, comme je l'ai montré d'ailleurs, abandonner sa théorie des sensations d'innervation et de sensations musculaires, à l'aide de laquelle il espérait pouvoir concilier sa conception de l'espace avec celle de Kant.

Helmholtz s'était également laissé entraîner par Kant à adopter l'étrange conception de nos sensations et perceptions, comme provenant de *signes* ou de *symboles*, et nullement des *images réelles* des objets extérieurs.

J'ai démontré dans le paragraphe 11 du Chap. III de *Dieu et Science* la parfaite impossibilité d'une pareille origine de nos perceptions. Les savants éditeurs de la troisième édition de la *Physiologische Optik* de Helmholtz, ont dû reconnaître la nécessité d'y supprimer cette théorie, comme n'étant plus défendable. Pour un naturaliste, reconnaître les sensations comme étant de simples signes des objets extérieurs équivaut, en effet, à la négation de la réalité des objets qui nous entourent.

Sir Oliver Lodge désigne comme simplement grotesque cette idée kantienne, qui veut réduire la réalité à de simples sensations; « les divinités, — ajoute-t-il, si elles ont le sentiment de l'*humour*, doivent rire en voyant leur créature, l'homme, se méfier justement des outils, qui lui rendent possible d'être ce qu'il est ».

L'accord harmonieux entre ma théorie des sens de l'espace et du temps avec les conceptions de naturalistes illustres et des plus grands philosophes de l'humanité, permet d'attendre patiemment la chute définitive d'une connaissance, basée uniquement sur la *Critique de la Raison pure*.

La fécondité des découvertes scientifiques et des théories philosophiques, qui en découlent, est souvent pour le savant créateur une précieuse pierre de touche de leur valeur réelle. « Si la science parvenait jamais à fournir une réponse positive à la question de l'origine des sensations du temps, elle nous conduira à la connaissance de la nature et de l'essence de l'âme », déclarait Vierordt. Au cours de longues années, con-

sacrées à l'étude du sens de l'espace, j'ai acquis la même certitude. Aussi, après avoir achevé mon ouvrage sur les sens mathématiques de l'espace et du temps, me suis-je appliqué à la différenciation scientifique des fonctions psychiques. Dans mon étude « Corps, Ame et Esprit[1] » j'ai essayé d'édifier les nouvelles bases d'une psychologie physiologique, l'ancienne, celle de Wundt, ayant fait naufrage justement, parce qu'aucune psychologie scientifique n'est viable, sans une solution préalable et définitive des problèmes de l'espace et du temps.

Depuis Aristote, en passant par saint Thomas d'Aquin et en finissant par Helmholtz, tous les grands penseurs considéraient l'ouïe, comme le plus intellectuel et le plus puissant de tous les sens. Un siècle de recherches physiologiques expérimentales était nécessaire pour l'établir définitivement.

1. Voir *Dieu et Science*, Ch. III, et *Leib, Seele und Geist* dans les Archives de Pflüger, vol. 127, 1909.

L'OREILLE

ORGANE D'ORIENTATION DANS LE TEMPS ET L'ESPACE

CHAPITRE PREMIER

LES BASES EXPÉRIMENTALES DE LA THÉORIE DU SENS DE L'ESPACE

§ 1. — Les expériences de Flourens sur les canaux semi-circulaires.

Les célèbres expériences sur les troubles moteurs consécutifs à des lésions des canaux semi-circulaires ont été communiquées par Flourens en 1829 dans un mémoire lu à l'Académie des Sciences de Paris. Ces expériences de Flourens ont été exécutées principalement sur des pigeons. Expérimentateur d'une habileté incomparable, il a fait ses expériences sur chaque canal semi-circulaire pris isolément et cela d'une façon tellement précise que peu de ses successeurs furent capables de l'imiter sous ce rapport. Les observations qu'il a recueillies et leur description minutieusement exacte sont également précieuses ; elles ont été reproduites en 1842 dans son ouvrage classique (*Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux chez les animaux vertébrés*). Les phénomènes que Flourens avait décrits comme survenant surtout du côté de la tête à la suite de la lésion de chacun des canaux semi-circulaires ont été confirmés, dans leurs traits généraux, par tous les autres expérimentateurs ultérieurs dignes de foi.

Le premier résultat de ses expériences fut que les sections ou excitations des canaux semi-circulaires ne détruisent pas le moins du monde la faculté auditive. Elles provoquent en

revanche des troubles de motilité très violents qui mettent l'animal dans l'impossibilité de conserver son équilibre. C'est à Flourens que revient l'immortel mérite d'avoir constaté le premier, que les mouvements consécutifs à la section des deux canaux semi-circulaires de même désignation s'accomplissent infailliblement dans la même direction.

Je reproduis ici textuellement plusieurs passages empruntés aux premières communications du grand savant : « La section du canal horizontal des deux côtés est suivie « d'un mouvement brusque et impétueux de la tête de droite « à gauche et de gauche à droite ; la section du canal ver- « tical inférieur des deux côtés est suivie d'un brusque « mouvement vertical de bas en haut et de haut en bas, et la « section du canal vertical supérieur, toujours des deux côtés, « est suivie d'un mouvement vertical inverse, c'est-à-dire de « haut en bas et de bas en haut »..... Il formulait sa conclusion de la façon suivante : « La section de chaque canal « détermine donc une suite de mouvements, lesquels s'exé- « cutent dans le sens même de la direction du canal. Il y a « donc un rapport donné, un rapport constant entre la « direction de chaque canal semi-circulaire et la direction « du mouvement produit par la section de chaque canal. » Des expériences ultérieures de Flourens, je citerai celles qui ont trait aux rapports entre les canaux semi-circulaires et les hémisphères cérébraux : « J'en viens à mes nouvelles « expériences. Le cerveau (lobes ou hémisphères cérébraux) « ayant été retranché sur plusieurs pigeons, la section de « chaque canal a produit son effet ordinaire ; celle des canaux « horizontaux des mouvements horizontaux ; celle des canaux « verticaux antéro-postérieurs des mouvements verticaux « d'avant en arrière, et celle des canaux verticaux postéro- « antérieurs des mouvements verticaux d'arrière en avant. »

La violence extraordinaire avec laquelle se produisent constamment les mouvements forcés des animaux, à la suite de la section de tous les canaux semi-circulaires, a conduit Flourens à cette conclusion que les forces modératrices des mouvements ont leur siège dans les canaux. Cette conclusion renferme le noyau de la vérité et on doit admirer l'acuité

de son don d'observation. Quand on songe à l'époque à laquelle l'illustre savant avait institué ses expériences, on ne saurait trop apprécier le génie intuitif qui lui a permis de deviner les véritables fonctions des canaux semi-circulaires déjà en 1828.

Les expériences de Flourens sont presque tombées dans l'oubli pendant une période de quarante années. Les physiologistes Schiff, Brown-Séquard, Harless, Czermak et d'autres ont bien essayé de les reproduire ; mais la défectuosité de leurs méthodes d'expérimentation les a empêché de reconnaître la véritable portée des phénomènes de Flourens. C'est en été 1869 à l'École Pratique à l'occasion des démonstrations publiques des nerfs du cœur nouvellement découverts, que j'ai faites au cours de Longet, que Vulpian m'a conseillé de reprendre les expériences de Flourens. Ce savant était porté à mettre sur le compte d'un vertige auditif les phénomènes observés par Flourens à la suite des lésions des canaux semi-circulaires. Aussi ai-je engagé le Dr Löwenberg, de Paris, à reproduire et à poursuivre à l'occasion les expériences fondamentales de Flourens.

Les résultats de ces expériences, à l'exécution desquelles je l'avais assisté, furent présentés au concours pour le prix de physiologie, dès l'été de la même année, à l'Académie des Sciences de Paris. La guerre étant survenue, elles n'ont pu être publiées qu'en 1872.

Grâce à ce retard, Goltz a pu le premier attirer l'attention des physiologistes allemands sur les expériences de Flourens. La confiance avec laquelle ses propositions et hypothèses ont été accueillies en Allemagne, n'était nullement en rapport avec la valeur de ses expériences. Au lieu d'opérer avec soin sur chaque canal semi-circulaire, comme l'ont déjà fait Flourens et, après lui, Schiff, Brown-Séquard, Vulpian, Löwenberg et autres, Goltz a préféré le procédé sommaire suivant : à l'aide d'un trépan, il enlevait à des pigeons les labyrinthes des deux côtés, ainsi que les os occipitaux et les muscles qui les recouvrent. Ce mode opératoire rendait naturellement inévitables de fortes hémorrhagies et des lésions considérables du cervelet. Cette manière grossière d'expérimenter

est inadmissible et n'autorise aucune conclusion, quand il s'agit de déterminer les fonctions des canaux semi-circulaires.

Ce n'est pas sans raison que cette grosse erreur des expériences de Goltz a conduit Böttcher et d'autres à nier toute influence directe des canaux semi-circulaires, sur la production des troubles moteurs observés. Les hémorrhagies qui surviennent dans cette région délicate, au cours de la trépanation, suffisent à elles seules à produire les troubles les plus grands, même en dehors de toute lésion des canaux

Ewald condamne encore plus sévèrement les expériences de Goltz, lorsqu'il déclare qu'en raison de l'hémorrhagie qui en résulte, toute lésion des sinus sanguins, au cours de la section des canaux semi-circulaires, est « une méthode brutale » qui doit être rejetée. Les conclusions tirées d'expériences aussi grossières ne pouvaient naturellement qu'engendrer des erreurs. C'est d'ailleurs ce qui est arrivé.

Goltz a fourni une hypothèse personnelle sur la façon dont les canaux semi-circulaires peuvent contribuer au maintien de l'équilibre du corps. Ils n'influeraient sur cet équilibre qu'indirectement, leur fonction immédiate consistant exclusivement dans le maintien de l'équilibre de la *tête*. Et ils rempliraient cette fonction de la façon suivante : l'endolymphe se trouvant dans les canaux exercerait une forte pression sur les parois des ampoules, lorsque celles-ci adoptent une position plus profonde au cours des mouvements de la tête. Cette pression exciterait à son tour les nerfs des ampoules, et les sensations provoquées par cette excitation serviraient à équilibrer la tête. Les mouvements incoordonnés du corps, qu'on observe chez les pigeons à la suite des lésions de ces canaux devraient, d'après cette hypothèse, être considérés comme secondaires, c'est-à-dire comme provoqués indirectement par la perte de la faculté de maintenir la tête en équilibre.

Les expériences de Goltz constituent un recul par rapport à celle de Flourens en cela encore, qu'au lieu d'expérimenter sur chaque canal semi-circulaire isolé, ce savant a détruit d'un seul coup tout le labyrinthe de l'oreille. Il a malheureusement fait école sous ce rapport. Même Ewald, évitait autant

que possible de couper et d'exciter chaque canal semi-circulaire pris isolément. Ainsi que nous aurons encore souvent l'occasion de le montrer, c'est là qu'il faut voir une des principales causes de la grande confusion que les expérimentateurs de ce genre ont entretenues pendant plusieurs dizaines d'années dans la physiologie du labyrinthe de l'oreille.

Löwenberg a expérimenté avec beaucoup plus de soin. Il a fait des sections isolées des canaux semi-circulaires horizontaux et verticaux. Ne se contentant pas de pratiquer de simples lésions de ces canaux, il avait essayé de les exciter soit par des procédés mécaniques, soit par des agents chimiques. Dans d'autres expériences, Löwenberg a pratiqué intentionnellement, à côté des extirpations, des lésions des canaux ainsi que de différentes parties du cerveau ; il a produit les mêmes expériences pendant la narcose.

§ 2. — **Mes premières expériences sur les canaux semi-circulaires (1872-1873).**

La première communication relatant les résultats de mes recherches a paru, en 1873, dans les *Archives de Pflüger*. Elle reposait sur les expériences que j'ai exécutées pendant l'hiver 1872, en collaboration avec un de mes élèves, le Dr Solucha. Mais déjà longtemps avant cette communication, j'ai été amené par mes travaux à étudier de près la question de l'équilibre de notre corps et de la coordination de nos mouvements. Déjà, dans ma Thèse « Sur la chorée et ses rapports avec les maladies du cœur », j'ai soumis à une critique approfondie les théories sur le coordination en cours parmi les physiologistes et les médecins et j'ai étudié en même temps le mécanisme de l'équilibre du corps. Lors de la préparation de ma monographie sur le « Tabes dorsalis », parue immédiatement après, je me suis vu obligé d'instituer, dans le laboratoire de Ludwig, une longue série d'expériences physiologiques sur un des facteurs qui jouent un rôle décisif au point de vue du maintien de l'équilibre et de la coordination des muscles qui y contribuent. *Ce facteur*

consiste dans la graduation des intensités d'innervation. On a souvent confondu sous le terme *incoordination des mouvements* deux processus totalement différents et qui ne se ressemblent que par leurs effets extérieurs : d'un côté, *le manque de concordance nécessaire entre les différents muscles qui doivent agir de concert*, afin de produire un mouvement voulu ; d'un autre côté, le *degré* exagéré des contractions musculaires, qui s'observe à la suite de *l'innervation irrégulière* des différents muscles. Ces deux processus doivent être rigoureusement distingués l'un de l'autre. Pour qu'un mouvement adapté à une fin puisse se produire, deux conditions doivent être remplies : premièrement, un certain groupe de muscles doit être innervé *en même temps*, et, deuxièmement, cette innervation des différents muscles doit se faire dans des *proportions déterminées* : tel muscle recevant une innervation plus forte, tel autre une innervation plus faible, selon que l'un ou l'autre doit jouer le rôle principal dans la production du mouvement, qu'on a l'intention d'accomplir. Ce qui distingue le premier de ces processus du deuxième, c'est que l'un décide *quel* est le muscle qui doit être contracté dans un mouvement donné, tandis que l'autre décide quel doit être le *degré de contraction* de chacun des muscles. Lorsqu'on soulève un fardeau de telle sorte que ce mouvement exige principalement la contraction du biceps, le triceps doit être innervé à son tour, faute de quoi le mouvement devient saccadé. Les abducteurs et les adducteurs du bras doivent se faire équilibre ; autrement le bras dévierait. L'innervation *simultanée* de ces muscles constitue précisément la coordination des mouvements. Mais l'innervation seule ne suffit pas à rendre ce mouvement conforme au but ; il faut encore que l'innervation se fasse avec une intensité déterminée pour chaque muscle, que le biceps soit par conséquent plus innervé que le triceps, que les adducteurs et les abducteurs reçoivent une innervation d'intensité égale. Si ces conditions ne sont pas remplies, on verra se produire un mouvement opposé à celui qu'on désire exécuter. Le mouvement devient convulsif, sans but, un mouvement à vide, au point de faire croire à l'observateur

superficiel qu'il se trouve en présence de troubles de coordination des mouvements.

J'ai établi alors que par *incoordination* ou *ataxie* on ne devrait comprendre que les mouvements qui reposent sur *une innervation inutile des antagonistes* ou *sur le manque d'innervation des muscles nécessaires à la production du mouvement*. A cette catégorie appartiennent par exemple les troubles moteurs de la chorée. De cette incoordination on doit distinguer rigoureusement les troubles qui tiennent à une *graduation* défectueuse des intensités d'innervation, comme c'est en partie le cas dans le tabes.

Au début de mes expériences sur les troubles moteurs qui, d'après les données de Flourens, surviennent généralement à la suite de lésions des canaux semi-circulaires, aussi bien dans les muscles de la tête que dans ceux du corps, j'ai jugé nécessaire de commencer par me rendre compte de quelle nature sont ces troubles moteurs : troubles de coordination ou troubles d'innervation ? Poursuivant cet ordre d'idées, j'ai dû tout d'abord résoudre la question de savoir dans quelle mesure une attitude anormale de la tête est susceptible de troubler le sentiment d'équilibre de l'animal et de produire des anomalies motrices.

On possédait sur ce sujet les très intéressantes expériences de Longet datant encore des années quarante, mais qui sont depuis lors tombées à peu près dans l'oubli. Longet a montré que les troubles moteurs qui se produisent n'ont rien à voir avec l'écoulement du liquide cérébro-spinal, mais forment un phénomène secondaire, consécutif à la section des muscles de la nuque au cours de l'opération. Et en effet, lorsque Longet se contentait de sectionner ces muscles de la nuque, sans ouvrir le canal vertébral, il observait immédiatement les mêmes phénomènes. D'un autre côté, ces phénomènes manquaient totalement, lorsqu'on laissait le liquide cérébro-spinal s'écouler par un petit orifice, pratiqué au niveau des ligaments occipitaux, sans occasionner des lésions plus ou moins notables des muscles de la nuque. Longet expliquait ses expériences en prétendant que l'attitude inaccoutumée de la tête qui sur-

vient après la section des muscles de la nuque a pour conséquence immédiate la perte du sentiment d'équilibre, mais que cette perte serait la cause des troubles moteurs qui surviennent. Pour obtenir le même résultat, il n'est même pas nécessaire de sectionner tous les muscles de la nuque. La section des muscles droits postérieurs suffit amplement à rendre la démarche de l'animal incertaine et vacillante.

En reproduisant ces expériences de Longet, j'ai observé sans peine les phénomènes qu'il a décrits. Aussitôt après la section des muscles droits de la tête, grand et petit postérieurs, une oscillation des deux côtés se montrait chez la plupart des chiens. Lorsqu'on les forçait à marcher, ils étendaient les pattes, marchaient le plus souvent avec une grande lenteur, la tête légèrement penchée en bas. Les animaux posaient leurs pattes sur le parquet avec la plus grande précaution et toujours de façon à écarter le plus possible l'une de l'autre les pattes de devant. Pendant la course qui leur était très difficile, les animaux tombaient souvent, et il leur fallait faire certains efforts pour se remettre sur leurs pattes. Ces phénomènes disparaissaient généralement au bout de cinq à six jours ; la tête, qui jusque-là était appuyée sur la poitrine par le menton, reprenait son attitude normale et les mouvements de la marche devenaient en même temps également normaux.

Le fait observé par Longet ainsi que les conclusions qu'il en a tirées ont été pleinement confirmés, et l'importance que présente l'attitude normale de la tête pour le maintien de l'équilibre a été mise en lumière. Si les troubles de l'équilibre et les troubles moteurs observés ne s'ont pas aussi considérables qu'après la section des canaux semi-circulaires, on ne doit pas oublier non plus qu'il s'en faut de beaucoup que les changements imprimés à l'attitude de la tête atteignent le même degré que dans cette dernière opération.

Une deuxième série d'expériences, née du même ordre d'idées avait consisté à donner artificiellement aux pigeons, sans occasionner une lésion de parties importantes, une attitude de la tête identique à celle qu'on observerait le plus souvent à la suite de la destruction des canaux semi-circulaires,

Cette attitude assez compliquée est caractérisée par ce fait que le bec est dirigé en haut et l'occiput au contraire en bas, le plus souvent vers le sol. On peut facilement donner aux animaux cette attitude de la tête, en fixant la tête à la région sternale à l'aide de quelques sutures cutanées. Les animaux ayant la tête fixée de la sorte *se comportent en partie exactement comme ceux dont on a détruit les canaux semi-circulaires aussi bien horizontaux que verticaux :* ils ne peuvent conserver leur équilibre, et tant qu'ils sont debout ils chancellent continuellement sur les deux pattes et cherchent à gagner un troisième point d'appui en s'appuyant sur la queue. Mais ils n'y réussissent pas le plus souvent; ils tombent à la renverse, souvent après avoir exécuté une culbute par-dessus la tête, autour de l'axe transversal du corps. Ils accomplissent encore des mouvements de manège, le plus souvent dans une seule et même direction. Bref: on observe chez eux les troubles très prononcés dans l'ensemble de la sphère locomotrice. Les sutures enlevées et la tête ayant repris son attitude normale, tous les troubles disparaissent aussitôt et la locomotion devient de nouveau normale. Ces expériences montrent donc d'une façon indiscutable, combien l'attitude normale de la tête est importante pour que l'animal soit à même de conserver son équilibre d'exécuter des mouvements rationnels.

Mais dans un déplacement de la tête comme celui qui se produit dans les expériences en question, notre jugement sur la source du son n'est pas moins fausse que celui qui porte sur la position et l'éloignement des objets vus. Or l'expérience suivante nous a montré avec toute l'évidence possible que les erreurs dans les perceptions visuelles, du moins lorsqu'elles se produisent brusquement, peuvent avoir pour effets une incertitude de la marche et des troubles du sentiment d'équilibre. J'ai attaché devant les yeux d'un pigeon des lunettes aux verres prismatiques; l'animal affecté ainsi d'un strabisme artificiel manifesta alors une série de troubles moteurs qui présentent des analogies incontestables avec les troubles qu'on observe à la suite de la section des canaux semi-circulaires. Dans quelques cas de ce strabisme les mouvements oscillatoires de la tête correspondent à ceux qui se produisent,

à la suite de la section des deux canaux semi-circulaires horizontaux. Chez un des pigeons atteints de strabisme artificiel j'ai observé, pendant les premiers instants, des mouvements de manège. Les erreurs dans les perceptions visuelles et auditives semblent donc être les plus importantes de toutes celles dont il s'agit ici.

Ainsi qu'il résulte des lignes précédentes, je concevais tout autrement que Goltz le rôle des mouvements de la tête dans le fonctionnement physiologique des canaux semi-circulaires. Goltz voyait le point de départ de ce fonctionnement dans les prétendus déplacements de l'endolymphe des canaux pendant les différents mouvements de la tête. *Les mouvements de la tête agiraient donc comme de véritables moyens d'excitation.* D'après ma conception, au contraire, formulée dès l'année 1873, *ces troubles moteurs seraient la conséquence directe des erreurs dans les perceptions visuelles et auditives*, susceptibles dans les conditions normales de nous orienter sur la situation des objets dans l'espace extérieur et sur la position de notre corps dans cet espace. *Si donc les attitudes de la tête jouent un rôle quelconque au point de vue du fonctionnement des canaux semi-circulaires, c'est seulement en tant qu'elles nous permettent d'éviter des erreurs dans ces perceptions.*

En poursuivant mes expériences, j'ai développé davantage cette manière de voir en l'appuyant sur cette observation importante qu'on peut observer chez les pigeons les troubles d'équilibre les plus prononcés, en dehors de tout mouvement oscillatoire de la tête. Je traiterai cette question d'une façon plus approfondie dans les paragraphes suivants ; qu'il me suffise d'ajouter ici que de nombreuses expériences faites plus tard par moi, Bornhardt, Spamer et Ewald ont montré également l'inconsistance de la théorie de Goltz, en ce qui concerne les courants de l'endolymphe.

§ 3. — Expériences sur les différents canaux semi-circulaires du pigeon.

Après avoir ainsi mis en évidence le rôle des attitudes de la tête dans les troubles moteurs, j'ai pu aborder l'expérimen-

tation sur des canaux semi-circulaires isolés. Je reproduirai ici à peu près textuellement d'après mes communications des années 1877-78, les phénomènes les plus importants qui ont été relevés au cours de ces expériences. Pour que cette expérimentation permette de faire des observations indiscutables, il faut que les opérations soient exécutées avec une grande précision. On doit avant tout éviter les hémorrhagies, car l'hémorrhagie une fois produite, on n'est plus sûr d'avoir ouvert le canal voulu et sur l'étendue voulue.

Après avoir mis à nu, d'après le procédé dont on trouvera une description détaillée au § 6, le point de croisement des deux canaux semi-circulaires, on enlève les très minces lamelles osseuses qui recouvrent encore ce point ; et une fois les canaux complètement mis à nu, on les sectionne avec des ciseaux fins. Il est préférable de couper le canal horizontal *en dehors* du point de croisement et le canal vertical *au-dessus* de ce point. En coupant ce dernier, on évitera autant que possible de léser la petite veine qui l'accompagne. Après que le canal horizontal a été sectionné de la façon qui vient d'être décrite, l'animal exécute avec sa tête, redevenue libre, quelques mouvements latéraux qui, d'ailleurs, ne tardent pas à s'arrêter. Le point de départ de ces mouvements se trouve du côté opéré ; c'est, ainsi par exemple, qu'après la section du canal semi-circulaire gauche, l'animal commence par déplacer sa tête de gauche à droite, pour la ramener ensuite à gauche et ainsi de suite. On dirait, lorsqu'on observe ces mouvements que l'animal veut se débarrasser d'une sensation désagréable. Ils sont franchement oscillatoires et se produisent, dans la section du canal horizontal, dans un plan horizontal et autour d'un axe vertical. Je le répète ; à la suite d'une section unilatérale, l'animal n'exécute que quelques mouvements qui cessent aussitôt, pour ne plus reparaître. Il y a même des cas où ces mouvements ne se produisent pas du tout.

Mais quand on sectionne également le canal correspondant du côté opposé, les mouvements *oscillatoires* de la tête se produisent avec beaucoup plus d'intensité, et cette fois pour durer très longtemps. L'intensité des mouvements augmente dès le début ; et lorsqu'elle a atteint son maximum, l'animal

perd son équilibre, tombe, exécute des mouvements de manège, et ainsi de suite.

Lorsqu'on prend l'animal dans la main, il suffit pour qu'il se calme aussitôt de rendre les mouvements de la tête impossibles, en fixant son bec ; et tant que la tête est immobilisée, il reste tranquille. Si on le dépose alors avec précaution sur la table, il commence par faire quelques légers efforts pour conserver son équilibre, et cherche à cet effet à s'assurer un troisième point d'appui en fixant la queue ou une aile sur le sol. Il peut aussi rester tranquille pendant quelques instants, jusqu'à ce que sa tête éprouve une légère secousse, qui se produit le plus souvent de ce fait qu'elle se trouve entraînée en avant par sa propre pesanteur. On voit alors recommencer les mouvements oscillatoires qui, très légers d'abord, deviennent de plus en plus intenses, jusqu'à entraîner le corps entier, lorsqu'ils ont atteint leur maximum d'intensité.

Mais si, après avoir avec précaution déposé l'animal sur la table, on fournit à sa tête un appui, en faisant par exemple reposer son bec sur un bâton ou sur le doigt, on le voit rester tranquille pendant une durée assez longue. Il se tient alors souvent sur ses deux pattes, sans chercher un troisième point d'appui. Mais dès que le bec est privé de l'appui, on voit recommencer de nouveau les phénomènes qui viennent d'être décrits. La même chose se produit lorsque, au lieu de déposer l'animal peu à peu et avec précaution, on le laisse tomber brusquement sur la table. Il fait alors de vains efforts pour conserver son équilibre, écarte les pattes et souvent aussi les ailes, cherche à s'appuyer sur la queue, tombe à la renverse une ou deux fois, et le tableau s'achève par l'apparition des mouvements oscillatoires de la tête et des autres phénomènes concomitants qui viennent d'être décrits. Une fois calmé, le pigeon peut, si on le dépose avec précaution sur un doigt, y rester tranquille pendant quelque temps, à la condition seulement qu'on imprime au doigt de légers mouvements destinés à venir en aide à l'animal dans ses efforts de conserver l'équilibre.

Le vol, tout en étant possible, est rendu très difficile et limité à une très courte durée ; lorsque l'animal se heurte dans

son vol à une résistance, il tombe subitement sur le sol. Il n'est pas davantage capable de manger tout seul, mais doit être nourri artificiellement. Dans quelques rares cas, il apprend peu à peu à se nourrir tout seul au bout de quelques jours. Tel est le tableau qu'offre le pigeon pendant les premiers jours qui suivent l'opération. Vers le troisième ou le quatrième jour, le tableau se trouve complètement changé, et le plus souvent on peut alors observer deux catégories de cas : dans les cas réussis, les phénomènes diminuent d'intensité ; les mouvements oscillatoires de la tête persistent, mais ne deviennent jamais trop intenses et ne se transforment jamais en mouvements convulsifs généraux du corps entier. L'animal ne tombe que lorsqu'il court vite et conserve son équilibre avec peu d'effort quand il se relève. *Le vol est encore maladroit, mais possible.* L'animal se nourrit tout seul et finit peu à peu par se remettre complètement. Quelques-uns de ces animaux ont été encore observés plusieurs mois après l'opération : on ne pouvait le plus souvent les distinguer des animaux non opérés que d'après les mouvements oscillatoires de la tête qu'ils présentaient de temps à autre.

Ainsi que je l'ai dit, on n'observe une issue aussi favorable que dans les cas, où on a réussi à sectionner proprement les canaux, sans produire la moindre hémorrhagie. Si ces conditions n'ont pas été remplies, on voit, vers le quatrième ou le cinquième jour, l'animal rester tranquillement couché dans un coin, ayant la tête dans l'attitude caractéristique de toutes les opérations de ce genre sur les canaux semi-circulaires. La tête est notamment tournée de telle façon que le bec se trouve dirigé en haut (le plus souvent à gauche), tandis que l'occiput, dirigé en bas, est solidement appuyé sur le sol. Dans cette attitude, l'animal reste tout à fait tranquille (planche I, fig. 5). Mais dès qu'on trouble son repos, surtout lorsqu'on essaie de donner à sa tête, l'attitude normale, on voit recommencer les violents mouvements oscillatoires, qui se transforment bientôt en mouvements de manège, déplacements violents et désordonnés de tout le corps et ainsi de suite.

Ces mouvements durent jusqu'à ce que l'animal complètement épuisé se heurte à un obstacle ; il reprend alors la posi-

tion calme dans laquelle il se trouvait avant, avec l'attitude de la tête qui a été décrite.

Le tableau que présentent les animaux après la section des canaux verticaux ressemble à celui qu'on observe à la suite des lésions des canaux horizontaux par ce trait, que dans ce cas aussi il faut sectionner les canaux des deux côtés si l'on veut provoquer des mouvements persistants. La différence essentielle entre les résultats obtenus dans les deux cas consiste dans le caractère des troubles moteurs. *Les mouvements de la tête et ceux du tronc se distinguent manifestement de ceux décrits plus haut.*

Pour ce qui est d'abord des mouvements de la tête, la direction est toute différente. Alors qu'après la section des canaux semi-circulaires horizontaux la tête se déplace *dans un plan horizontal* de droite à gauche et de gauche à droite, l'animal exécute, après la section des canaux verticaux, des mouvements de haut en bas et de bas en haut ; c'est-à-dire *dans un plan vertical*, perpendiculaire au premier. L'axe autour duquel s'accomplissent les mouvements après la première de ces opérations, est parallèle à la direction du canal semi-circulaire *vertical*, l'axe au contraire, autour duquel la tête se déplace après la lésion des canaux semi-circulaires verticaux, est parallèle à la direction du canal semi-circulaire *horizontal*. Dans quelques cas, où la section est accompagnée d'hémorrhagie, on voit au début la tête se replier en bas, au point que l'occiput se trouve presque fixé à la nuque ; mais au bout de quelque temps commencent généralement les mouvements oscillatoires de la tête autour d'un axe horizontal, tels que je viens de les décrire. Les mouvements oscillatoires faibles au début, deviennent ensuite de plus en plus intenses, au point que le maximum se trouve atteint au bout de 6 à 8 mouvements. Alors surviennent aussi des mouvements généraux du corps tout entier qui consistent le plus souvent en ce que le tronc tourne autour de son axe transversal, *et toujours d'avant en arrière*. Ces mouvements sont tellements violents qu'on a l'impression que le corps tout entier se trouvait lancé en arrière par-dessus la queue, à la suite de l'impulsion en arrière que lui a communiquée le violent mouvement de la tête.

Chez les animaux opérés de la sorte le vol, lorsqu'il est possible, ne dure qu'un temps très court et est très maladroit. Les animaux restent tranquilles lorsqu'on fournit un appui à leur tête ; ils n'en éprouvent pas moins, même alors, une certaine difficulté à maintenir leur équilibre et s'appuient très volontiers, soit sur la queue, soit sur une aile. On est obligé, pendant les premiers jours du moins, de les alimenter artificiellement. Au bout de trois ou quatre jours, ces animaux présentent le même tableau que ceux dont on a sectionné les canaux semi-circulaires horizontaux. Mais les mouvements qui se produisent chez eux, dans cette période, à la suite d'un trouble apporté à leur repos (avec l'attitude de la tête décrite plus haut) présentent naturellement chez eux exactement le même caractère que celui dont il a été question plus haut. Lorsqu'on coupe tous les quatre canaux, on voit aussitôt survenir chez l'animal des mouvements violents de la tête, accompagnés bientôt des mouvement forcés généralisés à tout le corps. Ces mouvements de la tête se distinguent de ceux que j'ai décrits jusqu'ici. Ils s'accomplissent principalement d'avant en arrière et de droite à gauche, et inversement ; ce sont des mouvements pour ainsi dire en forme de vis, les animaux ayant l'air de vouloir visser leur bec dans le parquet. Les mouvements du tronc sont un mélange de mouvements de manège violents et convulsifs et de rotations du corps tout entier, soit autour de la queue, soit autour de la tête. La faculté de maintenir l'équilibre paraît complètement supprimée ; à chaque tentative d'accomplir un mouvement quelconque, tous les mouvements qui viennent d'être décrits font leur réapparition. Trois ou quatre jours après l'opération, les animaux restent couchés tranquillement, la tête dans l'attitude décrite à plusieurs reprises, l'occiput dirigé vers la poitrine et le bec en haut (planche I, fig. 1).

Le troisième canal semi-circulaire, le sagittal est d'un accès plus difficile pour l'opération ; mais avec un peu d'exercice, on arrive à exécuter des opérations sur ce canal avec la même sûreté et la même précision que sur les deux autres. Aussitôt après la section du canal sagittal d'un côté, le pigeon exécute avec sa tête deux ou trois mouvements dirigés d'arrière en

avant et de droite à gauche, ou inversement. Ces mouvements rappellent les mouvements oscillatoires de la tête des pigeons en marche, à cette exception près qu'au lieu de s'accomplir dans une direction droite, d'arrière en avant, ils ont lieu dans un plan diagonal. La section du canal correspondant du côté opposé provoque les mêmes mouvements de la tête, mais plus violents et plus persistants. Le manque d'équilibre pendant la marche est plus prononcé qu'après la section des deux autres canaux. Le corps oscille, comme après la section des canaux verticaux postérieurs, autour de son axe *transversal;* mais au lieu de faire des culbutes autour de la queue, il en fait autour de la tête. D'une façon générale, les troubles moteurs sont plus violents et ne disparaissent que lentement. Sous tous les autres rapports, l'évolution ultérieure de ces phénomènes est à peu près identique à ce qu'on observe à la suite de la section des deux autres canaux semi-circulaires. C'est ainsi que les mouvements involontaires, qui se produisent à la suite de la section de la troisième paire de canaux, diffèrent considérablement de ceux qui suivent la section des autres canaux. Pour déterminer le caractère des mouvements de la tête qui s'observent chez le pigeon avec le plus de netteté, nous dirons *que la section de deux canaux semi-circulaires symétriques provoque des mouvements de la tête dans le plan des canaux opérés.* Cette loi est absolue et ne souffre pas d'exception. Flourens a déclaré la même chose, quoiqu'en des termes différents.

Les mouvements de l'ensemble du corps présentent la même direction, mais sont moins faciles à analyser. Nons venons de voir qu'après la section des deux canaux horizontaux le pigeon tourne autour de l'axe vertical de son corps, et cela soit en restant sur place, soit en exécutant des mouvements de manège; les mouvements s'accomplissent alors dans un plan horizontal. Après la section des canaux verticaux, le corps exécute des culbutes autour de la queue. Si on analyse de près les culbutes, on constate facilement qu'elles sont provoquées de la façon suivante : le corps du pigeon est lancé de bas en haut; il adopte alors une position à peu près verticale et se trouve dans une certaine mesure assis sur la queue; mais comme les mouvements de la tête qui s'accomplissent

de bas en haut persistent, tout le corps se trouve entraîné en arrière et le plus souvent le pigeon exécute une culbute et retombe sur le dos. On le voit, le mouvement principal du corps a lieu dans un plan vertical, parallèle au canal semi-circulaire vertical postérieur.

En ce qui concerne les suites de la section du canal sagittal, nous avons déjà vu qu'elle donne lieu à des mouvements de la tête qui se produisent dans une direction diagonale et sont dirigés d'arrière en avant et de droite à gauche, ou inversement. Le corps a une tendance à tomber en avant, mais entraîné par les violents mouvements oscillatoires de la tête, il dépasse le but et culbute par-dessus la tête. D'une façon générale, le mouvement s'accomplit dans un plan parallèle à la direction des canaux sagittaux.

§ 4. — Destructions unilatérales des canaux semi-circulaires.

Une autre série d'expériences à été faite dans le but d'étudier les effets d'une section unilatérale des canaux semi-circulaires. La connaissance exacte de ces effets est d'une importance capitale pour ma conception du système des canaux comme servant d'organe d'orientation dans l'espace. La section de tous les canaux semi-circulaires exécutée d'un côté provoque principalement chez le pigeon, en plus des mouvements passagers de la tête, qui suivent immédiatement la section de chaque canal, des déplacements de la tête, qui se trouve inclinée vers le côté opéré, et des faux pas pendant la marche rapide. On observe encore souvent des mouvements de manège, au cours desquels la tête garde son attitude inclinée. Dans beaucoup de cas, tous ces troubles moteurs disparaissent peu à peu, et à l'état de repos, ces pigeons ne se distinguent en apparence que très peu de pigeons normaux : chez d'autres animaux, l'attitude oblique de la tête persiste même au repos. Mais on voit presque toujours reparaître ces troubles, lorsque les animaux sont brusquement incités à exécuter des mouvements. Ces troubles ne sont cependant pas accompagnés nécessairement d'une modification de

l'attitude oblique de la tête (planche I, fig. 1, 3 et 7).

A la suite de toutes les opérations qui sont exécutées sur les canaux d'un seul et même côté, ou sur les canaux non symétriques des deux moitiés de la tête, on observe pendant la marche un phénomène singulier : à chaque pas que fait le pigeon, une de ses pattes se replie sous le corps; un observateur non prévenu pourrait même croire que la patte est cassée. Il m'a été souvent difficile à moi-même de me préserver d'une pareille erreur, et j'ai été obligé de m'assurer par l'inspection que la patte était intacte. Ces phénomènes rappelleraient au médecin la démarche caractéristique des ataxiques dont les jambes se replient également pendant la marche à cause des contractions musculaires excessives. Dans les cas de lésions unilatérales, ce repliement de la patte se produit du côté correspondant à celui des canaux lésés : dans ceux des lésions bilatérales mais non symétriques, il se produit du côté où se trouve le plus grand nombre des canaux lésés.

Il est utile de rappeler ici qu'Hermann Munk a eu la chance d'observer, un cas très rare d'absence congénitale des canaux semi-circulaires d'un côté; il a constaté chez ce pigeon l'attitude particulière de la tête dont il a été question plus haut et dans laquelle le bec était dirigé en haut, comme à peu près sur la figure 1. I.-R. Ewald qui a étudié et décrit, quinze ans plus tard, les sections unilatérales du labyrinthe chez le pigeon, a obtenu d'une façon générale les mêmes résultats.

§ 5. — Ablation de tous les six canaux semi-circulaires chez des pigeons. — Méthodes opératoires.

Nous avons déjà dit que la plupart des expérimentateurs qui ont travaillé sur les canaux semi-circulaires ont évité d'expérimenter sur les canaux isolés. Afin d'éviter des opérations délicates ils se contentaient, le plus souvent, de supprimer d'un seul coup tous les canaux semi-circulaires. Pour simplifier encore davantage leurs opérations, ils préféraient détruire le labyrinthe tout entier et considéraient une opération aussi grave comme équivalente à la suppression des canaux semi-circulaires. Goltz a été le premier à pratiquer

une destruction aussi brutale du labyrinthe de l'oreille et à tirer de cette opération, qui était accompagnée des nombreuses lésions secondaires, des conclusions toutes erronées. Ses successeurs, sans en excepter même son élève Ewald, tout en se servant pour la destruction du labyrinthe de méthodes plus soigneuses, n'en ont pas moins commis la même confusion entre deux interventions différentes. Ceci ne les a pas empêchés d'ailleurs de tirer des expériences faites, dans de telles conditions, les conclusions les plus vastes sur les fonctions des canaux semi-circulaires. Pleins de confiance dans l'exactitude des données que Flourens, moi et mes élèves Solucha et Bornhardt nous avons obtenues grâce à notre expérimentation sur les canaux semi-circulaires isolés, Ewald, Breuer et autres se contentaient de les confirmer simplement, sans se donner la peine d'opérer *isolément* eux-mêmes. Ce qui explique leurs explications erronées des phénomènes qu'ils n'avaient jamais observés. Et pourtant les méthodes employées par moi, mes élèves, et aussi par Spamer et d'autres, n'offrent pas en réalité de difficultés insurmontables. Mes méthodes opératoires ont été décrites exactement et jusque dans leurs moindres détails, aussi bien dans mes travaux sur le sens de l'espace que dans ma *Méthodique des expériences et des vivisections physiologiques*. Citons ici textuellement, d'après ce dernier ouvrage, ce qui se rapporte aux opérations sur les canaux semi-circulaires du pigeon.

« La situation profonde des canaux semi-circulaires, ainsi que le voisinage immédiat du cervelet, c'est-à-dire d'un organe, dont les lésions entraînent des anomalies motrices si prononcées, exigent dans ces expériences la plus grande prudence. Pareille prudence est d'autant plus nécessaire que les opérations, dont il s'agit, sont pratiquées le plus souvent sur le pigeon, chez lequel une hémorrhagie survenant pendant qu'on recherche les canaux semi-circulaires amène inévitablement des infiltrations sanguines des os du crâne, des méninges et du cervelet. Ces infiltrations sont dues à l'exiguïté des parties et aux anastomoses qui existent entre les vaisseaux sanguins et à la finesse des parois osseuses dans laquelle sont encastrés les canaux ainsi que les vaisseaux sanguins du

cervelet. La première condition d'une expérience probante sur les canaux semi-circulaires consiste ainsi dans leur mise au jour, sans la moindre perte de sang. Une pareille mise au jour est en outre absolument indispensable, afin de rendre possible une expérimentation élégante sur chaque canal semi-circulaire isolé, ainsi que l'observation nette et précise des anomalies motrices provoquées.

« Le meilleur moyen d'immobiliser les pigeons consiste à les envelopper dans une serviette, dont on fixe le bord libre avec des épingles de sûreté. Il est nécessaire de rétrécir l'orifice autour du cou, afin que le pigeon ne puisse ni rentrer sa tête, ni faire trop avancer son corps. On fixe la tête en plaçant le bec entre l'index et le médius, de telle façon que la surface dorsale de l'index se trouve sous le maxillaire inférieur et la surface ventrale du médius sur le côté nasal du bec. (Il faut veiller à ce que les orifices nasaux ne soient pas obstrués.) On peut alors, avec le pouce et l'annulaire de la même main, tendre la peau de la tête, écarter les bords de la plaie, etc. Dans des opérations qui durent assez longtemps et où la tête doit être bien fixée, sans que les animaux se trouvent serrés, sans pourtant que leur respiration soit gênée, il est souvent préférable de maintenir la tête, au niveau des deux temporaux, avec le pouce et l'index de la main gauche. Si l'on veut pendant l'opération avoir les deux mains libres, on introduit le bec dans un entonnoir en bois ouvert des deux côtés, où on le fixe à l'aide d'un lien en caoutchouc ou à l'aide d'une paire de sutures faites à travers la peau de la tête. En sectionnant la peau, on doit éviter autant que possible de blesser les fins vaisseaux sanguins qui se trouvent, au niveau de la ligne de réunion des deux moitiés de la musculature de la nuque. Pour éviter pareil accident, on forme de cette peau un pli transversal et on la coupe avec des ciseaux, ou bien, après avoir refoulé la peau de la tête sur la partie de la voûte crânienne dépourvue de muscles, on la sectionne ici avec un couteau tranchant.

« Les muscles insérés sur l'occiput sont très riches en vaisseaux, et leurs lésions avec des instruments tranchants provoquent des hémorrhagies abondantes. Les vaisseaux sont

particulièrement développés au niveau de la ligne médiane et au milieu du trajet longitudinal de leurs fibres. Aussi ne doit-on, jamais se rapprocher de la ligne médiane ou léser les muscles à une profondeur dépassant de 3 à 5 millimètres leur insertion supérieure Le meilleur procédé consiste à se frayer une voie vers l'enveloppe osseuse en suivant la limite qui sépare le bord externe du muscle large de la nuque et le bord interne d'un muscle plus étroit qui s'insère dans son voisinage. Cette limite est nettement indiquée par une raie blanchâtre. A l'aide d'une aiguille mousse, on sépare avec précaution les deux muscles et, en refoulant lentement en dedans le bord externe du muscle plus large, on tombe sur l'enveloppe osseuse sous laquelle apparaît le point de croisement du canal horizontal avec le petit canal vertical. Si l'on veut mettre l'os à nu sur une étendue plus grande, ce qui est d'ailleurs nécessaire lorsqu'on opère sur le canal sagittal, on détache de l'os et découpe avec des ciseaux fins l'insertion supérieure du muscle large, en commençant par son bord externe. Mais dans un cas comme dans l'autre, on doit enlever en même temps le périoste, afin de ne pas blesser les fibres musculaires.

« Si toutes ces manipulations sont exécutées avec soin, l'opération ne doit amener aucune perte de sang. La fine lamelle osseuse d'une transparence vitrée, qui sert de voûte à la cavité formée de cellules osseuses et qui renferme les canaux, reçoit un vaisseau sanguin qu'on évitera avec soin, lorsqu'on soulèvera la voûte. Ce vaisseau parcourt un trajet courbe ; parallèle d'abord à cette portion du petit canal vertical qui est située au-dessus du point de croisement, il se dirige ensuite en arrière et en haut et parvient à une petite distance au-dessus de la partie postérieure du canal horizontal. Aussi doit-on ménager dans ces passages la voûte, qu'on ouvrira de préférence au niveau de l'angle postéro-supérieur du croisement que forment les canaux horizontal et vertical. Le moyen le plus commode d'ouvrir la voûte consiste à introduire d'abord la pointe d'une des branches d'une fine pince et à faire ainsi sauter un petit

1. Ewald a construit sur ce principe un petit appareil pour la fixation du pigeon.

morceau d'os. On enlève ensuite avec la même pince le reste de la voûte, dans les limites tracées par le trajet des vaisseaux, ainsi que les cellules osseuses qui entourent les canaux. Dans les deux angles antérieurs de la croix, cette ablation des cellules osseuses peut être faite sans hésitation ; on y pénètre dans la profondeur, jusqu'aux ampoules, dont l'accès est très facile par l'angle *antéro-inférieur*.

« On doit procéder avec plus de précaution pour la mise à nu des angles *postérieurs*. Pour ce qui est de *l'inférieur* de ces angles, on fera mieux de l'éviter complètement, l'ablation de la voûte étant ici presque impossible sans hémorrhagie. La seule précaution à observer lors de la préparation de l'angle *supérieur* consiste à ménager au niveau du bord postérieur, le vaisseau sanguin adjacent au canal osseux. Ce vaisseau sanguin s'incurve en bas, exactement au niveau du point de croisement, et longe ensuite la partie postérieure du canal horizontal inférieur. On peut encore pénétrer facilement jusqu'aux ampoules par l'angle postéro-supérieur de la croix. Le canal semi-circulaire sagittal (que j'avais d'abord déclaré comme difficilement accessible, à cause de la lésion concomitante du cervelet qui se trouve en contact immédiat avec la paroi postérieure de son canal osseux) est également d'un accès facile, ainsi que j'ai pu m'en assurer à la suite d'un exercice plus prolongé. Le vaisseau qui l'accompagne étant plus facile à éviter pendant l'opération que le vaisseau adjacent au canal horizontal, il en résulte que sa section est souvent même plus facile que celle de ce dernier. On ne doit seulement pas le chercher trop loin en arrière, mais plutôt dans l'angle postéro-supérieur, près du point d'incurvation visible du petit canal semi-circulaire vertical.

« Une fois les canaux osseux suffisamment mis à nu, on peut exécuter sur eux les opérations ultérieures avec une grande aisance. Si l'on ne veut observer que les suites de la section pure et simple, on fera bien d'ouvrir le canal osseux avec précaution dans un endroit, à l'aide d'une pince fine, pointue, mais très élastique. On se gardera bien toutefois de briser l'os en une seule fois, mais on l'amincira en raclant

légèrement, jusqu'à ce qu'il se produise un petit trou. La lymphe ne s'écoule pas par cet orifice et on peut avec un éclairage convenable percevoir une pulsation de ce liquide déterminé probablement par le vaisseau sanguin, qui parcourt le canal membraneux, d'une manière analogue aux pulsations visibles du liquide cérébro-spinal. On pénètre dans l'orifice ainsi pratiquée avec des ciseaux fins, dont les pointes sont écartées l'une de l'autre, de façon à se trouver en contact avec les bords opposés de l'orifice et, qu'en pénétrant plus en avant, elles puissent saisir et couper le canal membraneux. On'obtient de cette façon une section aussi propre que possible du canal semi-circulaire. Un procédé moins élégant, mais tout aussi sûr, consiste à sectionner simultanément avec des ciseaux fins le canal osseux et le canal cutané. Ceci peut se faire sans le moindre danger d'hémorrhagie, lorsqu'on sectionne le petit canal vertical *au-dessous* et *l'horizontal*, en avant du point de croisement, c'est-à-dire en des points où ni l'un ni l'autre ne sont accompagnés de vaisseaux sanguins. Lorsqu'on sectionne le grand canal vertical (le sagittale) ou les canaux qui viennent d'être nommés, mais en des points autres que ceux que j'ai indiqués, on doit bien diriger les mouvements des branches des ciseaux, afin de ne pas blesser de vaisseaux. On introduit d'abord avec précaution les pointes des ciseaux, le long du canal semi-circulaire osseux, jusqu'à l'enveloppe osseuse des vaisseaux qui l'accompagnent et on ne referme les ciseaux que lorsqu'on est sûr de ne pas saisir en même temps le vaisseau. Si on n'est pas sûr de sa main on procédera de la façon suivante : après avoir pratiqué, de la manière qui vient d'être décrite, un petit orifice dans le canal semi-circulaire osseux, on l'élargira quelque peu, en enlevant avec la pince de petits morceaux d'os sur les bords, et, après avoir introduit une fine aiguille sous le canal cutané, on le soulèvera un peu. On pourra alors le sectionner en toute sécurité à l'aide de ciseaux fins. Dans les expériences servant aux démonstrations, on peut encore sectionner les canaux semi-circulaires, en les écrasant avec une pince, en même temps que l'enveloppe osseuse. »

Outre les sections, on peut encore pratiquer sur les canaux

semi-circulaires mis à nu, avec beaucoup d'élégance et de sécurité, un grand nombre d'autres opérations. Si la mise à nu s'est faite sans hémorrhagie, on pourra introduire à travers deux petits orifices faits dans le canal osseux, deux électrodes en fil d'or et en forme de crochets, on pourra aspirer la lymphe à l'aide d'une fine seringue de Pravaz, ou faire des injections dans ces canaux, appliquer des baguettes réchauffées ou refroidies, exercer des excitations mécaniques avec des piqûres d'épingle, etc. En revanche, toute hémorrhagie, même la plus légère, produit, grâce à l'infiltration du sang dans le tissu osseux spongieux, une plaie rougeâtre dans laquelle les opérations un peu délicates rencontrent les plus grandes difficultés. Les petites hémorrhagies qui se produisent lors de l'ablation des muscles doivent être arrêtées par la compression à l'aide de petites éponges ou de pengavar, avant qu'on commence l'ablation de la voûte osseuse.

N'étaient l'extrême délicatesse et la petitesse de ces parties, les manipulations sur elles seraient assez faciles. Avec de bons yeux et un doigté fin, on peut obtenir ici des résultats remarquables. C'est ainsi qu'on peut avec une pince fine extraire, à travers de petits orifices dans les canaux osseux, tous les canaux semi-circulaires cutanés avec leurs ampoules (des deux côtés). Ainsi que le montre l'examen sous le microscope, on y réussit sans occasionner de ce côté des solutions de continuité. Mais pour obtenir ce résultat, il est absolument indispensable de faire sauter les canaux semi-circulaires osseux, sans produire la moindre hémorrhagie.

La réaction immédiate consécutive à une pareille destruction de tous les canaux semi-circulaires cutanés est d'une violence telle, qu'il est à peu près impossible de donner une description exacte des mouvements incessants qui s'emparent de l'animal.

Le pigeon ne peut alors ni se tenir debout, ni rester couché, ni voler, ni exécuter un mouvement combiné quelconque, ni conserver, ne serait-ce que pendant un instant, l'attitude qu'on lui imprime. Tous les muscles de son corps se contractent violemment, il exécute les sauts les plus périlleux

tantôt en arrière, tantôt en avant, tourne autour de son axe longitudinal, s'élance en l'air et retombe sur le sol, pour se livrer ensuite de nouveau aux mêmes mouvements. Si on ne le retenait pas, il ne tarderait pas à se briser la tête contre le premier obstacle rencontré. Il faut un effort relativement considérable, pour le maintenir au repos.

Afin de conserver les pigeons après cette opération, je les enveloppais dans des serviettes, de telle sorte que les mouvements oscillatoires de la tête ne pouvaient ni persister, ni se renouveler. Ainsi immobilisés, je les déposais dans un hamac destiné spécialement à recevoir les pigeons atteints de ces affections des canaux semi-circulaires. Mais malgré ces mesures de précaution, il m'arrivait encore de trouver les pigeons morts dans un coin du laboratoire. L'autopsie révélait de nombreux épanchements sanguins sous les méninges, provoqués par les coups que le pigeon avait reçus en frappant la tête contre le sol. La violence des contractions musculaires était telle que les pigeons, malgré qu'ils eussent été enveloppés dans une serviette, n'en purent pas moins se jeter du hamac sur le sol et s'y rouler jusqu'à ce que les lésions mortelles du cerveau aient mis fin à leurs souffrances. Une pareille véhémence des mouvements ne se maintient que pendant les trois ou quatre premiers jours qui suivent l'opération. Cet intervalle écoulé, on peut sans danger débarrasser le pigeon de ses bandages et l'abandonner à lui-même dans son hamac. L'impossibilité de se tenir debout ou de marcher persiste, mais les convulsions produites par toute tentative de changer de place sont beaucoup moins violentes; l'animal réussit à se calmer en dehors de toute intervention étrangère. Pendant toute la durée de cet état, qui comporte de cinq à dix jours, le pigeon apprend, après qnelques tentatives infructueuses, à se maintenir tranquillement dans une attitude voulue. Il peut même se maintenir debout, en se servant de ses trois points d'appui. Les mouvements involontaires reviennent encore, il est vrai, toutes les fois qu'il veut changer d'attitude, mais il réussit déjà à les réprimer avec plus de facilité. Lorsque le pigeon est arrivé à ce degré de convalescence, je le laisse se promener sur le plancher. Mais c'est dans cet état qu'il est

le plus intéressant à observer : l'impression générale qu'il produit est celle d'un animal qui commence à apprendre à marcher et à se tenir debout en équilibre. Pendant cet apprentissage, le pigeon a besoin de la collaboration de ses organes de sens, surtout de l'organe de la vue. L'occlusion des yeux à l'aide d'un petit bonnet, passé sur la tête, suffit à lui faire perdre instantanément tous les fruits, encore si peu mûrs, de son apprentissage : il retombe dans l'état dans lequel il se trouvait quelques jours après l'opération. Ce n'est qu'au bout d'un intervalle de plusieurs mois que le pigeon recouvre à peu près son état normal. Il peut alors de nouveau marcher et se tenir debout, *mais il a perdu complètement, et une fois pour toutes, la faculté de voler*. En même temps, tous ses mouvements sont empreints d'incertitude, de manque d'assurance. Sa démarche est lente ; *il semble tâter le sol à chaque pas*. Il se tient très volontiers immobile dans un coin obscur et ne se décide que difficilement à changer de place ; on dirait qu'il ne se fie pas à ses propres forces. Il suffit d'ailleurs de lui imprimer une légère secousse pour voir survenir aussitôt un accès de mouvements involontaires, qu'il ne réprime qu'à l'aide d'efforts plus ou moins grands. Chaque secousse le forçant à prendre la fuite ou tout au moins à changer immédiatement de place ; il ne trouve pas le temps de réaliser des mouvements réfléchis.

On n'observe pas une issue aussi favorable dans tous les cas de section de la totalité des six canaux. Souvent les pigeons succombent quelques jours après l'opération à une inflammation et à une suppuration des tissus qui entourent les canaux. Dans d'autres cas, ils survivent bien à l'opération et à ses suites, mais le caractère violent des mouvements persiste beaucoup plus longtemps et les pigeons ne peuvent plus jamais marcher ou se tenir debout.

Mes observations sur des animaux, dont tous les canaux semi-circulaires ont été détruits, s'étendent sur un laps de temps, ne dépassant pas cinq mois, et cela parce que je n'ai pas eu l'occasion d'instituer sur eux des expériences plus prolongées. D'autres expérimentateurs affirment avoir observé les animaux, après la destruction complète du

labyrinthe, pendant plus d'un an (Ewald) et même pendant trois ans et demi (Marikowsky). Indépendamment des troubles auditifs qui dépendent naturellement de l'ablation du limaçon, etc , Ewald a fait, sur les animaux qui ont survécu, exactement les mêmes observations que j'ai faites au cours des années 1872-1878, à la suite de l'ablation de tous les canaux semi-circulaires cutanés. Dans ses efforts de soutenir que la diminution de la force musculaire est une conséquence immédiate de la destruction du labyrinthe de l'oreille, Ewald insiste tout particulièrement sur l'existence d'un certain affaiblissement musculaire chez ses pigeons. La « mobilité étonnante » de leurs membres tiendrait à cet affaiblissement anormal ! Mais il décrit à la même page de son travail un phénomène qui prouve exactement le contraire ! « Elle est vraiment étonnante, cette indépendance des pigeons privés de labyrinthe, lorsqu'on les enferme dans une cage ou lorsque, pour les nourrir, on veut les envelopper dans un mouchoir. Tandis que dans ces cas on vient facilement à bout des animaux normaux, parce qu'ils renoncent à toute résistance, dès qu'ils se sentent enchaînés, on se heurte souvent aux plus grandes difficultés, lorsqu'on a affaire aux pigeons opérés, et il n'est pas toujours facile de les empêcher d'y laisser des plumes. »

Marikowsky a décrit des observations sinon inédites du moins intéressantes, comme faites sur des pigeons privés du labyrinthe, trente-sept à quarante mois après l'opération. Nous en citerons quelques-unes présentant une importance particulière pour la théorie du sens de l'espace. « La direction de la marche, écrit Marikowsky, n'est pas rectiligne ; elle s'écarte de la ligne droite, tantôt à droite, tantôt à gauche, de sorte que les pigeons opérés décrivent en marchant une ligne en zigzag. » Non moins intéressante est l'observation suivante de Marikowsky : « ..... mais pendant que la tête de l'animal normal n'oscille à chaque pas qu'autour de son axe transversal, celle des pigeons opérés se déplace également autour de son axe longitudinal ».

Même après un délai de trois ans, les pigeons de Marikowsky présentent encore cette particularité que les troubles

moteurs augmentent considérablement lorsque les animaux sont excités, ainsi que je l'ai observé moi-même pendant les premières minutes après l'observation. Même le pliement caractéristique des pattes, dont j'ai parlé tout à l'heure, à propos de mes expériences, persiste au bout de trois ans. Les observations sur la perte de la faculté du vol chez les pigeons privés de labyrinthe méritent une attention particulière. Flourens avait déjà constaté cette perte. Dans l'exposé que j'ai fait plus haut de mes expériences datant des années 1872-1878, j'ai plusieurs fois mentionné ce phénomène : « mais, disais-je, ils ont perdu complètement et une fois pour toutes la faculté de voler ».

Il est facile de reconnaître la cause qui fait que les animaux ayant perdu la faculté d'orientation se comportent différemment pendant la marche et pendant le vol : pendant la marche, le pigeon peut se servir de ses sensations tactiles ; « il semble tâter le sol à chaque pas ». Il en est autrement dans le vol : ici le point de repère permettant de reconnaître la direction voulue manque au pigeon ; ses images rétiniennes sont troubles et confuses et les sensations tactiles font défaut. Il faut encore ajouter cette autre différence importante entre la marche et le vol. En marchant, le pigeon se déplace dans un plan horizontal, il ne lui manque que la connaissance de la direction sagittale ; c'est pourquoi il fait des mouvements en zigzag. Dans le vol, au contraire, c'est la connaissance de la direction verticale qui importe le plus et celle-ci fait justement défaut aux pigeons sans labyrinthe.

C'est pourquoi les pigeons privés de labyrinthe peuvent encore, lorsqu'ils sont lancés en l'air, modérer leur chute par un battement d'ailes, ou répondre également par un battement d'ailes, lorsqu'on les force à prendre la fuite en les pourchassant ; mais le vol proprement dit, dans une direction voulue, leur est impossible. Ils se jettent contre un mur et se laissent tomber. Ces faits démontrent d'une façon concrète que la destruction des trois paires de canaux semi-circulaires entraîne la perte complète de la faculté d'orientation dans l'espace extérieur. Ils prouvent notamment que la faculté d'orienta-

tion ne revient plus jamais. Les sensations visuelles sont impuissantes à compenser la perte du sens de l'espace, ainsi que je l'avais affirmé dès l'année 1900 : « La faculté des animaux de se déplacer dans les différentes directions de l'espace, c'est-à-dire de s'orienter dans l'espace extérieur, repose sur les sensations spatiales du labyrinthe de l'oreille. Les sensations visuelles et tactiles sont impuissantes à suppléer cette faculté. »

§ 6. — Expériences sur les canaux semi-circulaires de grenouilles. Méthodes opératoires.

Les opérations sur les canaux semi-circulaires isolés des grenouilles sont d'une exécution particulièrement difficile, à cause de leur finesse extraordinaire. Ces opérations ont été exécutées avec soin d'abord par Böttcher et son élève Bloch, et puis par moi et Solucha. Pour opérer, nous nous servions le plus souvent d'une loupe. Le voisinage cartilagineux, très peu résistant des canaux semi-circulaires, rend ces opérations encore plus difficiles, à cause de l'espace très limité dont on dispose. L'enveloppe osseuse du conduit auditif dont il faut tenir compte, se trouve sur le côté externe de l'os occipital large dont elle est séparée (Rana esculenta) par un cartilage. Chez la Rana temporaria, ce cartilage est souvent ossifié. Son bord antérieur touche à l'orbite. On aperçoit le petit os pétreux sous forme d'une petite surface élevée qui s'incline un peu en bas, dans la direction des condyles osseux occipitaux les les plus élevés. Sur cette surface on distingue trois faibles élévations qui recouvrent les canaux semi-circulaires. La plus considérable d'entre elles, située le plus souvent en arrière, correspond au canal vertical. C'est ce canal qu'on recherche tout d'abord. Et à cet effet, on fait dans la peau, au-dessus de l'os pétreux une incision en arc dont la concavité est dirigée vers le conduit auditif externe, et on sectionne entre deux ligatures une veine située en arrière, sur le côté convexe. On doit se garder de blesser cette veine ; autrement elle provoquerait une hémorrhagie susceptible de gêner pendant toute la durée de l'opération. En inclinant la tête de

la grenouille légèrement en arrière, on enlève immédiatement au-devant de cette veine la lamelle osseuse délicate qui recouvre le canal vertical. La lymphe qui s'écoule indique la situation de l'orifice. Le canal membraneux très fin, est soulevé à l'aide d'une aiguille et sectionné. L'usage d'une loupe est souvent indispensable pour le découvrir, de même que pour les autres canaux; c'est là en tout cas une condition de la réussite de l'opération.

La mise à nu du canal horizontal est plus difficile ; mais une fois rendu visible, sa section se fait sans la moindre hémorrhagie, ce qui n'est pas toujours le cas dans l'opération précédente, même après la ligature des veines. La saillie qui correspond à ce canal au niveau de la surface déjà décrite de l'os pétreux est très plate et se dirige, le long du bord antérieur de cette surface, d'avant en arrière et de haut en bas. Le deuxième canal vertical se trouve situé en partie entre les deux précédents et se dirige d'avant en arrière et de dehors en dedans. La section des canaux d'un côté ne produit aucun effet. Après la section des deux canaux horizontaux on observe le plus souvent, de même qu'après les sections des autres canaux, une torsion de la tête vers un côté, une des moitiés de la tête étant en même temps dirigée légèrement en avant. La grenouille exécute rarement des sauts, mais ceux-ci sont presque aussi vigoureux qu'avant l'opération. Après chaque saut, l'animal tombe sur un seul côté, de sorte qu'il n'avance pas en ligne droite, mais sous un certain angle, à droite ou à gauche. Il en résulte qu'après un certain nombre de sauts, l'animal se trouve avoir décrit un cercle régulier. Au lieu de reprendre immédiatement après chaque saut sa position antérieure, l'animal tourne souvent deux ou trois fois autour de son axe longitudinal. La façon dont la grenouille nage est très caractéristique : après avoir exécuté un mouvement de natation, pendant lequel la moitié droite du corps plonge en bas, tandis que la gauche se soulève en haut, elle en exécute immédiatement après un autre, pendant lequel c'est la moitié gauche qui plonge en bas, tandis que la droite monte en haut. Elle exécute ainsi pendant la natation des mouvements balançants du corps autour

de l'axe longitudinal. Dans des cas plus rares, on observe aussi une natation en manège.

Après la section des deux petits canaux verticaux (qui n'a jamais lieu sans hémorrhagie) les troubles moteurs deviennent plus considérables. Les sauts se font le plus souvent *en hauteur et en ligne droite*, de sorte que l'animal retombe généralement sur le même côté. Les sauts sont plus vigoureux que d'habitude et présentent un caractère quelque peu convulsif. Dans la plupart des sauts en hauteur, la grenouille exécute une rotation autour de l'axe transversal du corps, mais cette rotation n'est jamais achevée, l'animal retombant soit sur le dos, soit sur la tête. Il présente alors, pendant la natation, également des mouvements de manège.

Après la section des canaux semi-circulaires sagittaux, les sauts deviennent bien plus violents et sont également accompagnés de rotations du corps autour de son axe transversal. Ces sauts se font, eux aussi en hauteur, dans une direction à peu près exactement verticale. La grenouille retombe le plus souvent sur le dos, ne se relève qu'avec difficulté et se roule à plusieurs reprises autour de son axe longitudinal. La natation est rendue difficile et s'accomplit souvent dans le même cercle. Ces animaux manifestent la tendance assez curieuse à donner dans l'eau l'attitude verticale à leur corps, et cela aussi bien pendant qu'elles sont au repos, que pendant la natation. Cette dernière s'accomplit alors souvent de telle sorte, que l'animal exécute des rotations autour de son axe longitudinal; ces mouvements ressemblent alors aux mouvements valsants des hommes. Les mouvements des grenouilles sont encore plus compliqués quand on sectionne simultanément plusieurs canaux. Quant aux suites de la destruction complète du labyrinthe de l'oreille chez les grenouilles, nous y reviendrons dans le chapitre suivant, et cela à l'occasion des mouvements de rotation observés sur ces animaux.

§ 7. — Ma première interprétation du mode de fonctionnement des canaux semi-circulaires considérés comme organe d'orientation dans l'espace (1873).

Les nombreuses données expérimentales, exposées dans les paragraphes précédents ont permis, déjà lors de leur première communication, de former une conception nette des fonctions physiologiques des canaux semi-circulaires. Afin de faciliter une analyse plus précise des phénomènes observés, nous avons divisé en trois groupes les phénomènes produits par la lésion des canaux semi-circulaires. Le premier groupe nous l'avons désigné sous le nom de *troubles d'équilibre ;* il devait embrasser les phénomènes suivants : écartement des jambes, recherche d'un troisième point d'appui, impossibilité, même avec trois points d'appui, de conserver l'équilibre sur le parquet lisse. Au deuxième groupe appartenaient tous les *mouvements forcés* de l'animal, qui se produisent immédiatement après l'opération ou pendant les premiers jours qui la suivent : les mouvements oscillatoires de la tête, ou en vis, les mouvements de manège, le roulement du corps et sa projection par-dessus son axe transversal. Dans le troisième groupe enfin ont été rangés les *attitudes consécutives* de l'animal qui se manifestent trois ou quatre jours après l'opération : fixation de l'occiput au sol, mouvements irréguliers que l'animal exécute, lorsqu'on le dérange de son attitude blottie. La preuve que les troubles d'équilibre devraient être considérés comme les conséquences immédiates de la section des canaux semi-circulaires, paraissait être donnée par l'apparition des troubles après l'opération.

Les troubles moteurs du deuxième groupe, à savoir les mouvements de la tête et du tronc consécutifs à la suppression des canaux semi-circulaires, exigent un exposé plus détaillé. Le résultat le plus important de la destruction des canaux semi-circulaires se manifeste par des mouvements qui se produisent toujours dans le plan de ces canaux. La destruction des canaux semi-circulaires horizontaux oblige les animaux à tourner autour d'un axe vertical (mouvements oscillatoires de la tête de droite à gauche et mouvements de

manège) ; la destruction des canaux verticaux produit des mouvements autour d'un axe horizontal (transversal), des mouvements oscillatoires de la tête de haut en bas et inversement, et des culbutes autour de la queue. La section des deux canaux sagittaux donne lieu à des culbutes autour de la tête, dans un plan diagonal et dans la direction d'arrière en avant. La situation anatomique des canaux semi-circulaires qui correspond exactement aux trois dimensions de l'espace, avaient depuis longtemps attiré l'attention des savants (Autenrieth, Flourens). Déjà en 1873, j'ai réussi à établir un rapport physiologique entre la disposition anatomique des canaux semi-circulaires, les mouvements observés après leur section et le problème de l'orientation dans l'espace. La régularité de ces mouvements, les résultats fournis par les expériences sur les déplacements de la tête, ainsi que sur le strabisme artificiel m'ont servi de point de départ pour reconnaître les rapports fonctionnels entre nos sensations de direction et le concept de l'espace : *nous recevons, à l'aide des fibres nerveuses qui se terminent dans les canaux semi-circulaires membraneux, une série de sensations dont les perceptions nous fournissent des représentations directes sur la position de la tête dans l'espace*. Cette proposition avait l'avantage de formuler une idée à peu près exacte des rapports fonctionnels dont il s'agit.

J'ai déjà dit que ma conception du rôle que joue l'attitude de la tête dans la régulation de nos mouvements diffère totalement de celle préconisée par Goltz. D'après lui, les mouvements de la tête détermineraient des excitations des canaux semi-circulaires, par les déplacements de l'endolymphe dans ces canaux. La possibilité d'un pareil mode n'était pas soutenable. Les déplacements de la tête n'agissaient, selon moi, qu'en influençant la localisation des images rétiniennes et les sensations visuelles qu'elles provoquent.

Le fait seul, écrivais-je au début, « que la section unilatérale de tous les canaux semi-circulaires ne provoque aucun mouvement de ce genre, tandis que la section bilatérale d'une paire de canaux de même nom produit cet effet, indiquerait que la conservation des canaux correspondants du côté opposé

suffit à neutraliser l'effet de ce vertige auditif ». Ceci me semblait prouver que les sensations qui, dans l'état normal des canaux semi-circulaires, servent à renseigner l'animal sur les positions de sa tête dans l'espace, sont probablement produites par des ondes sonores. J'ai cité, à cette occasion, plusieurs exemples de la vie courante où certaines excitations sonores qui se répètent d'une façon rythmique peuvent provoquer des mouvements se répétant également sur un rythme régulier (danse, marche, etc.). « Lorsque nos nerfs auditifs sont excités simultanément par l'audition de deux pièces de musique dont chacune présente une mesure différente (par exemple deux marches exécutées simultanément par deux orchestres sur des rythmes différents), la démarche devient vacillante et on éprouve la plus grande difficulté à suivre la direction droite. » Les mouvements involontaires de la tête et du corps accomplis non seulement par l'exécutant, mais aussi par l'auditeur, appartiennent à la même série de phénomènes.

En publiant cette série d'expériences dans « Les Recherches du laboratoire de physiologie de l'Académie de Médecine » (Saint-Pétersbourg 1874), j'y ai ajouté une note sur les travaux de Mach, Böttcher et Breuer, parus dans l'intervalle et relatifs au labyrinthe de l'oreille. Je me suis vu obligé, dès cette époque, de relever expressément l'absence de toute preuve dans les observations des Mach et Breuer ainsi que la faiblesse de leurs considérations théoriques, privées de toute expérimentation personnelle.

Böttcher, à la suite d'expériences défectueuses sur les destructions des canaux semi-circulaires qui étaient accompagnées de lésions du cervelet, arriva à la conclusion bizarre que les troubles moteurs consécutifs aux lésions des canaux semi-circulaires seraient l'effet de lésions du cervelet. Je n'ai pu que lui donner le conseil d'opérer, avec plus de soin et de précision, et isolément sur les canaux semi-circulaires et sur le cervelet.

§ 8. — La découverte des rapports physiologiques entre le nerf acoustique et l'appareil oculo-moteur (1875).

Les résultats et les interprétations de mes premières expériences, exécutées en 1873, m'imposaient déjà avec une grande probabilité la conclusion que les phénomènes décrits pour la première fois par Flourens devaient présenter certains rapports avec les attitudes et les mouvements des globes oculaires; je rappelle les expériences sur des pigeons porteurs de verres prismatiques et celles où leur tête avait subi des torsions artificielles. Une étude plus précise de la nature de ces rapports s'imposait comme la première tâche à remplir, en vue de l'élucidation du rôle que les canaux semi-circulaires jouent, fonctionnellement, dans la formation de nos représentations spatiales. Les pigeons semblaient peu propres aux expériences de ce genre, attendu que l'excitation et l'élimination des fonctions des canaux semi-circulaires se manifestent chez ces animaux principalement par des mouvements de la tête; de même la grenouille chez laquelle les mouvements du corps jouent le principal rôle. Partant de cette prémisse que les mouvements de la tête ne peuvent influer sur les sensations spatiales qu'à la faveur des déplacements des globes oculaires, je me suis décidé à choisir le lapin comme animal d'expérience. Je me suis appliqué d'abord à élaborer pour le lapin des méthodes opératoires sûres, devant permettre d'opérer facilement sur les nerfs auditifs de cet animal ainsi que sur les canaux.

Le meilleur moyen d'atteindre les canaux semi-circulaires du lapin consiste à ouvrir l'apophyse mastoïde du rocher. On pénètre de cette façon dans une cavité cylindrique qui renferme la partie du cervelet désignée sous le nom de *flocculus*. En enlevant le flocculus, on se trouve en présence de tous les trois canaux semi-circulaires; on peut les exciter aisément en exerçant une légère pression sur leurs enveloppes osseuses mises au jour. On peut aussi ouvrir les enveloppes de canaux et sectionner ensuite directement les canaux semi-circulaires membranés. Cette opération est plus difficile à pratiquer sur le canal sagittal qui se trouve en contact direct

avec le cerveau. Il est préférable de choisir pour ces opérations des lapins tout jeunes. Pour ouvrir le rocher, on procède de la façon suivante : on fait une incision cutanée au milieu, entre le bord postérieur du maxillaire inférieur et le bord du conduit auditif osseux, le long du premier. Le muscle qui recouvre le bord externe du rocher est détaché dans la direction de l'incision cutanée, en ménageant la grande veine qui se trouve sur le passage. La surface osseuse ainsi mise à nu a la forme d'un triangle, dont le sommet est dirigé en bas et dont le côté antérieur est formé par le conduit auditif osseux. Le canal horizontal se trouve à la hauteur même de l'ouverture de ce conduit. On brise avec précaution le tissu osseux de ce triangle à l'aide d'un bistouri ou de tenailles : le canal horizontal formant une petite saillie se trouve situé sur la paroi inférieure de la cavité ouverte ; quant au canal vertical, on le cherchera au niveau de son croisement avec l'horizontal, dans la paroi postérieure de la cavité.

Pour la section de l'acoustique chez le lapin, j'ai élaboré trois méthodes. En suivant la première, j'ai pénétré jusqu'au nerf par la cavité décrite plus haut. J'ai introduit sous le flocculus un petit instrument tranchant dont la lame était recourbée sous un angle à peu près droit et dont seul le bout libre était aigu. Ce bout était un peu plus large que le reste de la lame et on pouvait, en exerçant une pression vigoureuse, couper d'un seul coup le nerf auditif. Pour introduire la lame, il n'y avait qu'à la faire glisser le long du plancher de la cavité en question, jusqu'à ce que sa pointe touchât son bord interne. Il ne restait plus alors qu'à baisser la pointe pour couper isolément le nerf auditif en le pressant en même temps contre la base du crâne, là où il pénétre dans le *canal de Fallope*.

Dans le deuxième procédé, on pratique dans l'occipital deux petites ouvertures, des deux côtés des ligaments postérieurs qui s'étendent de l'atlas à l'occiput. A travers ces orifices, on découvre facilement les dernières paires de nerfs cérébraux; guidés par eux, on arrive jusqu'aux deux nerfs auditifs. Avec ce procédé, on voit les nerfs avant de les sectionner. Quand on a réussi, après avoir souvent appliqué ce

procédé, à bien s'orienter dans la région en question, on peut choisir la troisième méthode opératoire qui dispense de la peine de trépaner le crâne. Elle exige seulement l'ablation d'une partie des ligaments mentionnés. Si l'on se sert d'un couteau analogue à celui que Claude Bernard avait proposé pour la section des nerfs cérébraux, on peut, en pénétrant le long de la base du crâne et en se gardant de blesser les autres nerfs, atteindre les nerfs auditifs [1].

C'est à ce dernier procédé que je donnais la préférence toutes les fois que je n'étais pas obligé en vue d'une opération simultanée sur les canaux, d'ouvrir la cavité cylindrique déjà désignée.

Dès les premières expériences sur les lapins, j'ai noté des différences notables entre les troubles moteurs de ces animaux et ceux qu'on observe chez les pigeons : 1° La section d'un seul canal semi-circulaire suffit déjà à provoquer des troubles moteurs tumultueux et d'une longue durée ; 2° ces troubles sont particulièrement intenses dans les mouvements des muscles de l'œil ; moins violents dans les muscles du tronc, ils n'atteignent presque pas ceux de la tête. Les mouvements du corps consistent principalement en mouvements de manège, lorsque la lésion porte sur un canal horizontal ; en rotation autour de l'axe longitudinal du corps, lorsque la lésion atteint un des canaux verticaux. La tête est attirée plus ou moins violemment vers le côté lésé et rapprochée des muscles postérieurs, de sorte que tous les mouvements produisent une rotation du corps autour de l'axe longitudinal. Pendant les premières heures qui suivent la lésion d'un canal semi-circulaire, l'animal est hors d'état d'accomplir un mou-

1. Ainsi que je l'ai mentionné plus haut, j'ai commencé mes expériences sur les canaux avec Solucha, qui était un opérateur très habile. Obligé en qualité de médecin militaire de faire la campagne de Khiva, il a dû malheureusement interrompre ses expériences que j'ai terminées tout seul et décrites dans les Archives de Pflüger en août 1873. Comme Solucha a disparu pendant cette campagne, j'ai repris ces études en janvier 1875 à Leipzig dans le laboratoire de Ludwig et les ai achevées à Paris dans le laboratoire de Claude Bernard, anciennement celui de Flourens. En août 1876 leurs résultats furent communiqués à l'Académie des Sciences. J'ai ensuite engagé à poursuivre ces expériences le docteur Bornhardt qui s'est bien familiarisé avec toutes les méthodes expérimentales en usage dans mon laboratoire de physiologie.

vement combiné ou de changer de place. Même étant au repos, le lapin est incapable de se maintenir sur ses pattes dans l'attitude normale ; il se maintient couché sur le ventre. De tous les mouvements provoqués par les lésions des canaux semi-circulaires, les plus intéressants et les plus prononcés sont ceux des globes oculaires; déjà Flourens mentionne en passant un nystagmus oculaire survenant chez le lapin à la suite de la lésion des canaux semi-circulaires.

C'est un fait constant que même dans les cas où les canaux semi-circulaires sont intacts, tout mouvement de la tête s'accompagne chez le lapin, aussi bien que chez tout autre animal, d'un mouvement des globes oculaires. Le nystagmus, dont nous parlons n'a rien à voir avec la nécessité pour le globe oculaire de suivre les mouvements de la tête ; il apparaît au contraire, de préférence et avec plus d'intensité, lorsque la tête est immobilisée. Cette intensité diminue lorsqu'on laisse la tête libre ; le nystagmus disparaît tout à fait lorsque le lapin, débarrassé de ses liens, tombe de nouveau en proie aux mouvements violents du corps décrits plus haut. L'excitation la plus légère suffit souvent à provoquer une oscillation des globes oculaires : on voit aussi survenir un accès prolongé de nystagmus à la suite d'une légère pression exercée sur le canal osseux, comme lorsqu'on enlève avec une éponge les gouttes de sang accumulées dans le voisinage.

Ces mouvements oscillatoires des deux yeux sont toujours observés, alors même que l'excitation n'atteint qu'un seul canal; leur direction varie, selon le canal opéré. Ils se produisent toujours par séries, chaque série durant plusieurs secondes, même quand on a soin de ne produire qu'une unique et faible excitation du canal. Une excitation violente, par exemple la compression du canal membrané ou sa torsion, produit des accès qui durent plusieurs minutes, souvent même plusieurs heures et davantage.

La fréquence de ces mouvements oscillatoires varie avec l'intensité de l'excitation exercée; on peut souvent compter de 20 à 150 oscillations par minutes. Une pareille fréquence rend l'étude de ces oscillations assez difficile, surtout lorsqu'on est

obligé d'observer simultanément les mouvements des deux globes oculaires. Les tentatives de les fixer à l'aide de méthodes graphiques n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

Chaque canal semi-circulaire exerce son action spéciale sur les mouvements des globes oculaires. En excitant le canal horizontal chez le lapin, on produit une rotation telle du globe oculaire du même côté, que la pupille est dirigée en bas et en avant. L'excitation du canal vertical a pour effet la déviation de l'œil, dans laquelle la pupille est dirigée en arrière et un peu en haut, tandis qu'à la suite de l'excitation du canal sagittal, la pupille se trouve dirigée en arrière et en bas.

Nous dirons donc, pour définir les trois directions du nystagmus qu'on observe pendant l'excitation des trois canaux semi-circulaires, que l'excitation du canal horizontal produit un mouvement des globes oculaires en avant et en bas, celle du canal vertical en arrière et en haut, celle du canal sagittal en arrière et en bas. Il s'agit, dans ces définitions, de l'œil situé du même côté que le canal excité. L'autre œil présente un nystagmus à direction opposée, c'est-à-dire qu'il est dirigé en arrière et en haut, pendant l'excitation du canal horizontal, en avant et en bas pendant celle du canal vertical, en avant et en haut pendant celle du canal sagittal.

On sait que les ophtalmologistes distinguent quatre variétés de nystagmus : l'horizontal, le vertical, le diagonal et le rotatoire. Dans chacune de ces formes les mouvements des deux yeux se font toujours dans la même direction. On observe le contraire chez le lapin pendant l'excitation unilatéral d'un canal. Il ne serait nullement difficile de réduire à ces quatre variétés les différentes formes de nystagmus provoquées artificiellement par l'excitation des canaux semi-circulaires et du nerf auditif. Le nystagmus horizontal correspondrait au mouvement observé pendant l'excitation du canal horizontal, le nystagmus vertical au mouvement provoqué par l'excitation du canal vertical postérieur, le nystagmus diagonal au mouvement produit par l'excitation du canal vertical antérieur ; enfin le nystagmus rotatoire répond au mouvement observé pendant l'excitation du nerf acoustique.

Pour obtenir cette réduction, on devrait avant tout tenir

compte de la situation particulière des globes oculaires chez le lapin. On devrait ensuite, à propos de tous les mouvements oscillatoires qui viennent d'être décrits, déterminer avec précision la part qui revient dans chaque oscillation à la direction prédominante : celle de haut en bas ou celle d'avant en arrière, etc. Il est évident que sans une pareille détermination les directions « en avant et en bas » et « en arrière et en haut » ne sont pas nécessairement et dans tous les cas opposées l'une à l'autre. Au moment de l'excitation, la contraction des muscles du globe oculaire présente un caractère tétanique, les yeux étant violemment déviés dans les directions indiquées, pour commencer immédiatement après à exécuter des mouvements oscillatoires dans la direction opposée. La fréquence de ces mouvements oscillatoires dans la direction opposée varie de 20 à 150 par minute. Leur durée dépend de l'intensité de l'excitation, mais comporte rarement plus d'une demi-heure. Ces mouvements oscillatoires disparaissent, si l'on sectionne le nerf acoustique du côté opposé; de nouvelles excitations d'un canal semi-circulaire ne provoquent plus que des contractions toniques. Ce dernier fait est d'une importance capitale, en ce qu'il prouve la nature *inhibitrice* des mouvements provoqués par les excitations des canaux semi-circulaires. Les mouvements des globes oculaires qui viennent d'être décrits sont encore d'un grand intérêt, parce qu'ils permettent de comprendre le mécanisme des inhibitions. Ils prouvent notamment qu'on peut à volonté transformer des mouvements *tétaniques* en mouvements *rythmiques* et *toniques*.

Nous aurons encore à revenir dans les chapitres suivants sur ces mouvements des globes oculaires consécutifs aux excitations et sections des canaux semi-circulaires. Qu'il nous suffise de reproduire ici, tels qu'ils ont été publiés en 1876, les résultats des expériences sur les excitations et sections des acoustiques chez le lapin.

L'excitation d'un des nerfs acoustiques produit des rotations intenses des deux globes oculaires. La section d'un des nerfs acoustiques a pour effet une déviation si violente du globe oculaire du même côté que la pupille est dirigée en bas, tandis que l'autre œil regarde en haut. Cette déviation dispa-

raît après la section de l'autre nerf acoustique. Sa disparition est précédée de rotations intenses produites par la section qui est toujours accompagnée d'une forte excitation.

En ce qui concerne les mouvements de la tête et du tronc chez le lapin, l'excitation d'un des nerfs acoustiques produit des rotations intenses autour de l'axe longitudinal du corps dans la direction du côté opéré. L'excitation des nerfs produite par un écrasement des acoustiques détermine des mouvements très irréguliers : l'animal présente une tendance à se rouler tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. De ces deux tendances opposées résulte pour l'animal l'incapacité complète de se déplacer ou de se tenir debout. Des pigeons, auxquels on a extirpé les six canaux cutanés avec les ampoules, présentent, immédiatement après l'opération, les mêmes phénomènes.

Si la section intra-cranienne des deux acoustiques a bien réussi, sans être accompagnée d'hémorrhagie ou d'autres accidents défavorables, les animaux opérés restent en vie et les phénomènes décrits disparaissent progressivement. Au bout de six à dix jours, l'animal peut se tenir debout, quitter sa place, marcher, etc., mais ses mouvements gardent encore une certaine hésitation qui fait qu'il ne change de place que lorsqu'on l'y force; il recherche toujours un mur ou un coin, où il puisse trouver un point d'appui. Chaque animal, en changeant de place, choisit toujours une seule et même direction : tel se déplace de préférence en arrière, tel autre de côté, et ainsi de suite. Bechterew a décrit des phénomènes analogues chez des chiens, à la suite de la section des acoustiques.

Si on imprime à un lapin dont les deux acoustiques ont été sectionnés des mouvements de rotation sur un disque excentrique, on observe chez lui des phénomènes analogues à ceux indiqués par Purkinje et désignés par lui sous le nom de vertige auditif. Les phénomènes de Purkinje doivent être attribués aux troubles cérébraux dus aux graves anomalies de la circulation qui surviennent dans les conditions désignées, surtout dans les vaisseaux intra-craniens les plus éloignés de l'axe de rotation. Les observations qu'on a faites sur les derviches, ainsi que sur les shakers américains et les adhérents

de certaines sectes religieuses russes, qui ont l'habitude d'exécuter ces mouvements avec une grande rapidité pendant des heures, voire pendant des jours entiers, montrent que les troubles de la circulation cérébrale peuvent aboutir à des hallucinations, à la perte complète de connaissance, etc. Les rapports physiologiques très intimes entre les nerfs auditifs et l'appareil oculo-moteur doivent nécessairement avoir une grande portée physiologique ; nous aurons à y revenir plus d'une fois dans les chapitres suivants.

CHAPITRE II

LUTTE CONTRE LES ERREMENTS DANS L'ÉTUDE DES FONCTIONS DES CANAUX SEMI-CIRCULAIRES. EXPÉRIENCES DE ROTATION SUR L'HOMME ET SUR DIFFÉRENTS ANIMAUX

§ 1. — Introduction.

Se basant sur les expériences de Goltz, trois savants se sont proposés, à peu près en même temps, d'étudier les fonctions des canaux semi-circulaires : le métaphysicien Mach, le chimiste Crum-Brown et le médecin Breuer. Malgré les différences de leurs professions, ils n'en essayèrent pas moins d'arriver par la même voie à élucider le rôle physiologique du labyrinthe de l'oreille ; et fait étonnant, ils aboutirent, presque indépendamment les uns des autres, à des solutions également erronées ; tous les trois ont en effet cherché à expliquer les phénomènes si complexes de Flourens à l'aide d'hypothèse purement spéculatives, sans instituer des expériences directes sûr les canaux semi-circulaires. Au lieu de prendre comme point de départ de leurs considérations théoriques les expériences de Flourens ou celles qu'avec tant de soin j'avais exécutées *isolément* sur les canaux semi-circulaires, ils ont eu l'idée bizarre de s'appuyer exclusivement sur les expériences de Goltz, consistant en une destruction sommaire et brutale de tout le labyrinthe et des organes voisins. Ce qui les a séduits chez Goltz, ce fut son hypothèse que les mouvements de la tête sont les excitateurs normaux des canaux semi-circulaires, grâce aux déplacements de l'endolymphe qu'ils y produisent.

En raison des nombreuses interprétations auxquelles se

prêtent l'expérimentation de Goltz, et de la facilité avec laquelle l'insuffisance de son hypothèse a été mise en évidence dès mes premières expériences, j'aurais pu, à la rigueur, me dispenser d'en tenir compte dans mes recherches expérimentales ultérieures. Et cela d'autant plus que quelques jours après la publication de mon premier travail sur les fonctions des canaux semi-circulaires Mach s'était empressé de publier dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences de Vienne, une communication sur le sens de l'équilibre qui, à défaut d'autre chose, prouvait du moins que Mach n'avait pas été long à saisir la vraie portée de mes recherches. « Cyon conclut de ses expériences, écrivait-il, que les canaux semi-circulaires sont des organes de l'espace ». Et il ajoute que si j'avais moins de parti pris pour les sensations inconscientes, j'aurais « probablement tiré les mêmes conclusions » que Breuer et lui. Immédiatement après ce conseil, Mach annonce son intention d'entreprendre de nouvelles expériences ; et le point de départ qu'il a choisi pour ces expériences ne prouvait que trop, *qu'au fond il n'a pas seulement compris, mais encore reconnu immédiatement comme parfaitement exacte ma conception des trois canaux semi-circulaires considérés comme organes des sensations des trois directions de l'espace :* « *Aux six équations de mouvement d'un corps solide correspondent probablement six sensations, avec les processus physiologiques qui s'y rapportent. Les sensations des trois accélérations angulaires sont probablement fournies par les nerfs ampullaires des canaux semi-circulaires et les sensations des accélérations progressives par le saccule.* » C'est ainsi que Mach préparait le terrain pour une fusion entre ma conception des fonctions des canaux semi-circulaires, considérés comme organes sensoriels pour les trois directions de l'espace et son hypothèse sur les sensations de rotation qui auraient leur origine dans le labyrinthe de l'oreille. C'est ainsi que, tout en acceptant mes principes en fait, *il se donnait l'air* de les combattre. Ses *Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen*, publiées l'année suivante, ont dépassé tout ce qu'on pouvait craindre sous ce rapport. Aussi me suis-je vu obligé, à mesure que je

poursuivais mes recherches de m'occuper tout particulièrement des *Grundlinien* de Mach, afin de fournir là preuve expérimentale de la complète insuffisance de ses interprétations. Et ce qui rendait cette besogne encore plus urgente, c'est que Breuer et Crum-Brown, dans un but analogue, avaient inventé des désignations nouvelles et dépourvues de tout sens précis pour mes sensations de direction.

Mach a mis à la base de sa théorie deux points de départ : l'hypothèse de l'endolymphe de Goltz et les expériences classiques de Purkinje sur le vertige rotatoire. Nous commencerons par l'examen de l'hypothèse de l'endolymphe.

§ 2. — Réfutation expérimentale de l'hypothèse de l'endolymphe de Goltz-Mach.

Goltz basait son hypothèse sur la façon, dont le labyrinthe de l'oreille remplit son rôle d'organe de l'équilibre, sur les courants de l'endolymphe qui gonfleraient plus ou moins les ampoules, selon la hauteur de la colonne de liquide qui pèse sur elles. Les canaux semi-circulaires fonctionneraient ainsi à la façon d'une bascule hydraulique, à l'aide de laquelle seraient signalées les attitudes de la tête. Étant donnés le diamètre capillaire des canaux et l'épaisseur de l'endolymphe dont le poids spécifique égale celui de la périlymphe, il ne peut être question ni de courants dans les canaux cutanés ni de leur dilatation. Le frottement réciproque des couches de liquide rend, en effet, tout mouvement impossible. Crum-Brown et Breuer crurent pallier l'erreur physiologique de Goltz en supposant que le liquide contenu dans chaque canal semi-circulaire se déplace, pendant les mouvements de la tête, dans une direction opposée à celle de ce canal. Il est à peine nécessaire d'ajouter que le liquide ne peut pas davantage se déplacer dans une direction que dans une autre. Mach a d'ailleurs été obligé de convenir de ce fait. Mais afin de ne pas abandonner le principal appui de ses considérations sur le rôle des canaux semi-circulaires, il admit que leurs terminaisons nerveuses ne peuvent être excitées, ni par les courants de l'endolymphe ni par ses variations

de pression, mais « *par sa tendance à la rotation*, cette rotation étant supprimée par le frottement contre la paroi, en même temps que celle-ci et les poils acoustiques, en saillie dans le liquide éprouvent une pression ou un choc momentané ». Ce serait donc, d'après Mach, cette pression momentanée ou cette « tendance au mouvement » supprimée par le frottement, qui exciterait les terminaisons nerveuses dans les canaux semi-circulaires!

Breuer qui, en 1879, a adhéré successivement à l'hypothèse des courants de Goltz et à celle des contre-courants de Crum-Brown, a fini par renoncer également à cette dernière, pour adopter l'idée de Mach. Il abandonna, après la publication en 1878 de ma Thèse sur le sens de l'orientation dans les trois directions de l'espace, l'hypothèse précédente de Goltz, d'après laquelle les canaux semi-circulaires serviraient comme organe de l'équilibre. Il écrivait en effet : « On doit laisser ouverte la question de savoir, si un travail aussi rapide que celui du danseur de corde serait possible si, ainsi que nous l'avions cru jusqu'ici, à l'aide seule des excitations qui lui fournit l'impulsion provenant de l'ensemble des sensations tactiles, articulaires et musculaires. En tout cas, nous sommes, je l'espère, autorisés à admettre que la perception (*sic*), source de l'impulsion, naît dans les canaux semi-circulaires et que la destination de cet appareil consiste précisément à déclancher les réflexes qui règlent les mouvements de « balancement ». L'année suivante, après l'apparition du travail de Mach, il abandonna l'hypothèse d'un organe de l'équilibre chez les danseurs de corde. Il se déclara partisan de l'hypothèse de Mach d'après laquelle l'appareil vestibulaire serait le siège d'un sens de la rotation et servirait à exécuter des mouvements de valse. Je reviendrai encore plus loin sur ces sens singuliers.

Il suffit de relever ici que de même que les hypothèses de Goltz, Breuer et Crum-Brown sont inadmissibles au point de vue physique, de même la bizarre hypothèse de Mach sur les excitations est insoutenable au point de vue physiologique.

Néanmoins, j'ai jugé nécessaire d'exécuter plusieurs expériences afin de démontrer directement l'erroné de cette hypothèse. Il est évident que, si la plus légère modifica-

tion de la pression intérieure suffisait à provoquer les phénomènes de Flourens, nous devrions observer ceux-ci toutes les fois que nous augmenterions ou diminuerions la pression extérieure contre les parois des canaux. Toute pression extérieure sur les parois des canaux membraneux doit refouler, au point correspondant, une partie de l'endolymphe et par conséquent produire cette « tendance au mouvement » qui, selon Mach, exciterait les terminaisons nerveuses.

Le moyen le plus simple d'obtenir une pareille modification de la pression consiste à ouvrir les canaux osseux dans des endroits différents et sur une étendue assez considérable ; la périlymphe s'écoule dans ces cas avec une grande facilité et est remplacée par de l'air. On peut accélérer cet écoulement à l'aide d'une petite éponge ou d'un morceau de papier buvard ; il est évident que cet écoulement, qui ne s'accomplit pas d'une façon uniforme, doit changer la pression intérieure dans les canaux cutanés dont les parois sont si tendres et si extensibles. Or, cette expérience que j'ai répétée un nombre incalculable de fois a toujours donné le même résultat : pas un seul des phénomènes de Flourens ne se produit immédiatement après l'écoulement de la périlymphe. C'est seulement au bout de plusieurs jours, quand les parties voisines commencent à s'enflammer et que le sang ou le pus pénètre dans les canaux laissés ouverts, qu'on peut observer quelques troubles moteurs. Mais il est facile de prévenir même ces accidents, si l'on veille à ce que l'écoulement se fasse seulement par deux petits orifices du canal osseux, qu'on referme plus tard avec un peu de colle.

Plus probante encore était une autre expérience du même genre. Au lieu d'ouvrir les canaux osseux eux-mêmes, j'enlevais avec beaucoup de précaution, à l'aide d'une petite pince très fine, la lamelle osseuse qui recouvre le vestibule dans l'angle extérieur et inférieur, formé par les canaux transversal et vertical postérieur ; après quoi j'ouvrais l'utricule ou le saccule à l'aide d'une épingle. La périlymphe et l'endolymphe s'écoulaient alors avec abondance ; quand on pratique encore une petite ouverture dans le canal osseux, il est facile de s'assurer que le canal membraneux s'est ratatiné et aplati.

Le système des canaux membraneux, dont la pression intérieure est considérablement diminuée, éprouve dans ce cas un rétrécissement relativement très considérable. Si les hypothèses de Goltz et de Mach étaient fondées, les phénomènes de Flourens devraient se manifester dans cette expérience avec la plus grande intensité : et pourtant aucun de ces phénomènes ne s'était produit.

Dans quelques-unes de ces expériences, j'ai laissé la périlymphe s'écouler par plusieurs ouvertures pratiquées dans le canal osseux et je l'ai remplacée par un liquide qui durcit par la réfrigération; j'ai choisi, pour ces expériences, une solution tiède de gélatine. La difficulté de faire, par un orifice étroit des injections dans un canal osseux, est assez grande, puisque le liquide s'échappe entre le bout libre de la canule à injections et les bords de l'orifice et ne pénètre qu'en partie dans l'intérieur du canal. D'un autre côté, j'ai été obligé de renoncer à l'emploi de solutions tièdes, à cause de la grande sensibilité que le canal membraneux présente pour les températures élevées. Cette circonstance obligeait souvent, en présence de durcissement rapide de la gélatine refroidie, d'interrompre les injections.

Malgré ces difficultés, je n'en ai pas moins réussi à plusieurs reprises à pratiquer des injections qui étaient assez complètes pour mouler les canaux membraneux dans une gaine dure. *Cette immobilisation des canaux ne donnait lieu par elle-même à aucun des phénomènes de Flourens.* Il suffisait en revanche de piquer les canaux cutanés, pour provoquer immédiatement le mouvement caractéristique de la tête. La section des canaux membraneux immobilisés engendrait tous les troubles de la locomotion dont nous avons donné plus haut une description détaillée.

Dans d'autres expériences encore, j'ai introduit dans le canal osseux des tiges de laminaire, naturellement très fines, sans occasionner la moindre lésion du canal. Ces tiges imbibées et boursouflées, compriment assez considérablement les canaux membraneux, mais comme cette compression se produit très lentement, on n'observe pendant les premiers jours qui suivent l'expérience aucun des phénomènes de Flourens.

En revanche, la section des canaux cutanés ainsi comprimés suffit à provoquer ces phénomènes instantanément.

Toutes ces données expérimentales empruntées à mon travail de l'année 1878 enlevèrent à l'hypothèse de Goltz-Mach toute assise. Ajoutons encore que dans un travail expérimental exécuté en 1886 avec beaucoup de soin, Spamer s'est vu obligé de réfuter l'hypothèse de Goltz-Mach par des expériences analogues. Des expériences probantes ont été exécutées plus tard par Ewald, avec cette modification peu essentielle, qu'au lieu d'introduire dans les canaux osseux des tiges de laminaire, il a eu recours au plombage, d'après le procédé des dentistes. Ses résultats n'étaient pas moins défavorables que les miens à l'hypothèse de l'endolymphe.

Ewald a encore ajouté une nouvelle expérience qui parle également dans ce sens ; elle consiste dans la dessiccation artificielle des canaux semi-circulaires cutanés. Il a pu constater que la dessiccation complète du canal semi-circulaire, même des deux côtés était impuissante à provoquer un trouble moteur quelconque. Breuer a essayé en 1893 d'affaiblir mes réfutations et celles d'Ewald, non en reproduisant nos expériences ou en exécutant de nouvelles, mais à l'aide d'une dialectique oiseuse sans valeur aucune. Dans ma réponse : « Les fonctions du labyrinthe de l'oreille » (1897), j'ai réduit à néant les vaines tentatives de Breuer de sauver ses hypothèses fantaisistes par une rhétorique peu habile.

§ 3. — Les observations de Purkinje sur le vertige et les expériences de rotation de Mach.

La réfutation de l'hypothèse de l'endolymphe retire leur plus solide appui aux théories de Crum-Brown, Breuer et Mach sur les prétendues fonctions des canaux semi-circulaires, comme organe destiné aux sensations de rotation. Nous allons cependant examiner de plus près le sens dit de la rotation, parce qu'il importe de déterminer la véritable portée des phénomènes de vertige qui se produisent pendant la rotation de notre corps autour de son axe longitudinal ; ces phénomènes sont, en effet, d'un grand intérêt pour l'intelligence

des fonctions du labyrinthe de l'oreille. Presque en même temps que Flourens fit connaître ses recherches, un autre physiologiste de haute valeur, Purkinje, publia une série d'observations sur le vertige qui, quoique nées d'un ordre d'idées différent, n'en présentent pas moins de nombreux points de contact avec les expériences sur les canaux semi-circulaires dont il est question ici.

Les expériences de Purkinje sur le vertige des rotations appartiennent à la catégorie des auto-observations à la portée de tout le monde. Lorsque nous tournons plusieurs fois autour de nous-même avec une certaine vitesse (c'est-à-dire lorsque, étant debout, nous exécutons des rotations autour de l'axe longitudinal de notre corps), tous les objets environnants nous semblent soumis à une rotation, dont la direction est opposée à celle du mouvement exécuté par nous-mêmes. Ce mouvement apparent persiste encore pendant quelque temps dans la même direction, après que nous avons cessé le nôtre. Pendant cette rotation apparente de tout ce qui nous entoure, tous les objets que nous touchons prennent part au mouvement. *On ne saurait mieux caractériser les sensations éprouvées par nous en cette occasion, qu'en disant que l'espace visible à nos yeux semble tourner à l'intérieur d'un autre espace.* Cette sensation connue dans la science sous le nom de vertige visuel et tactile dure d'autant plus longtemps que la rotation a été plus prolongée. Elle produit un sentiment de malaise et d'incertitude au sujet de la position occupée par notre corps et nous force le plus souvent à changer cette position ou à chercher des points d'appui.

Purkinje et Darwin (l'aîné) ont établi, que l'axe de cette rotation imaginaire de l'espace nous entourant, est déterminé par l'axe des rotations réellement exécutées par notre tête. Si, après l'interruption du mouvement rotatoire du corps, nous changeons l'attitude de la tête, nous observons que la direction de l'axe du mouvement imaginaire reste invariable, c'est-à-dire que cet axe passe toujours par notre tête, quelque soit l'attitude données par nous à celle-ci. « Si, au moment où on commence à tourner sur soi-même, on examine bien son

champ visuel, écrit Purkinje, on constate tout d'abord que les objets gardent un repos relatif, puisque l'œil rétablit par ses mouvements les relations spatiales que la rotation du corps modifie incessamment. Mais, bientôt les muscles de l'œil commencent à se fatiguer et deviennent rigides, soit à cause de la répétition monotone des mêmes mouvements, soit parce que le cerveau exerce sur ces muscles une influence spéciale qui détermine leur contraction. Ils ne suivent plus la rotation du corps d'une façon régulière comme tout à l'heure, mais par intermittences, les objets paraissant tantôt mobiles, tantôt immobiles. Finalement cette contraction cesse, et l'œil fixé involontairement se déplace de pair avec le reste du corps, pendant que les objets visibles tournent avec une rapidité de plus en plus grande dans la direction opposée ; pas tout à fait de pair toutefois, puisque de temps à autre l'œil s'attache encore légèrement à des détails, ce qui provoque un certain retard du mouvement apparent, mais non sa cessation complète. Si on immobilise l'œil dès le début de la rotation autour de soi-même, par exemple en fixant un doigt tenu à proximité, cela remplace la fixation convulsive de l'œil dont il a été parlé plus haut : les objets visibles se mettent aussitôt à tourner en suivant le mouvement du corps, et leur mouvement ne redevient indépendant de celui-ci que si on relâche l'œil fixé. »

L'explication très ingénieuse que Purkinje a donnée des sensations, si exactement décrites, qui constituent le vertige, peut être résumée de la façon suivante : pendant la rotation du corps autour de son axe longitudinal, le cerveau doit, à cause de sa consistance molle, avoir la tendance à retarder un peu par rapport à la capsule cranienne. Il s'agit de phénomènes identiques à ceux que nous observons sur un liquide au vase duquel on imprime un mouvement de rotation. Les particules du liquide maintiennent leur position jusqu'à ce que leur adhérence aux parois du vase les entraîne dans les mouvements de ce dernier. La cohésion du cerveau est trop considérable, pour que le même phénomène puisse exactement se reproduire ici ; mais, comme sa substance est molle et rend par conséquent possible un certain déplacement des particules de son intérieur, il doit nécessairement avoir avec

les liquides certaines propriétés communes. On est donc obligé d'admettre, que dans le cas d'un mouvement plus ou moins intense, les particules du cerveau subissent un déplacement et une tension, qui ne vont pas toutefois jusqu'à une véritable solution de leur continuité. Ces tiraillements doivent produire les mêmes troubles que les lésions mécaniques, dont ils ne diffèrent que de degré.

Si nous nous formons un jugement sur le mouvement des objets d'après les changements de place que leurs images éprouvent sur notre rétine et d'après les contractions que nos muscles de l'œil exécutent en vue de la fixation, il est évident que dans un accès de vertige les objets nous apparaîtront comme étant en mouvement. Le vertige, d'après Purkinje, aurait donc sa source dans l'acte psychique, à l'aide duquel nous attribuons à un mouvement des objets qui nous environnent, les impressions reçues grâce aux mouvements de nos yeux.

Nous verrons plus loin que Purkinje a aussi exactement reconnu la cause réelle du vertige rotatoire, qu'il en a décrit les symptômes. Nous montrerons alors combien sa façon de concevoir les mouvements apparents s'accorde avec celle, à laquelle nous avons abouti nous-même vers la fin de nos premières recherches sur le sens de l'espace (Chap. III). A un physicien atteint, comme Mach, d'un penchant trop prononcé pour la métaphysique, on ne saurait pas faire grief de trouver une certaine analogie entre les phénomènes de Flourens et les observations de Purkinje sur le vertige. Adepte de l'hypothèse de l'endolymphe, Mach a cru utile d'instituer sur lui-même une série d'expériences de rotation. A l'aide d'expériences dans un fauteuil fermé qu'on pouvait faire tourner avec une vitesse voulue autour d'un axe vertical, Mach espérait pouvoir étudier d'une manière précise les sensations de mouvement et trouver ainsi des preuves que ces sensations dépendent des canaux semi-circulaires. Nous avons montré que l'hypothèse de l'endolymphe ne tenait pas debout, et nous verrons plus loin que l'analogie qu'il soupçonne est également insoutenable. Encore plus malheureuse a été une troisième supposition de Mach, qui continue à jeter encore un

trouble funeste dans les études sur les fonctions des canaux semi-circulaires.

Mach a analysé avant tout les sensations que nous éprouvons au cours de pareils déplacements. Il cherchait à montrer que nous sommes capables de percevoir uniquement l'accélération du mouvement et nullement le mouvement régulier et uniforme, c'est-à-dire que nos sensations sont engendrées non par la *vitesse* du mouvement, mais par les *accélérations de cette vitesse*.

A l'occasion de cette analyse des prétendues sensations d'accélération, il a cherché à rendre compte des sensations qu'on éprouve au cours d'un voyage en chemin de fer.

« Dans un train de chemin de fer qui se déplace avec une vitesse constante, écrit-il, on ne ressent que les secousses consistant en accélérations et ralentissements légers, précisément parce que la vitesse moyenne reste constante. Ces secousses restent les mêmes, aussi bien dans la marche du train en avant que dans sa marche en arrière. On peut en effet, lorsqu'on ferme les yeux, se représenter facilement les deux et passer sans difficulté de l'une de ces représentations à l'autre. Ceci n'est pas possible quand le train se met en marche ou s'arrête, puisque l'accélération moyenne diffère de zéro et a un sens déterminé. Lorsqu'on traverse en chemin de fer une courbe prononcée, les maisons et les arbres semblent s'écarter considérablement de la verticale, les sommets des arbres ayant l'air de se pencher dans une direction opposée au train sur le côté convexe de la courbe. D'un autre côté, on observe très souvent une position oblique du wagon, alors que les maisons et les arbres paraissent verticaux. »

Pour un esprit non métaphysique, cette observation serait d'une interprétation très simple, mais Mach était trop sous l'influence de l'hypothèse de l'endolymphe de Goltz, pour reconnaître le véritable état des choses. Il édifia sur cette observation connue depuis longtemps une série d'hypothèses destinées à montrer que les canaux semi-circulaires ont la mission d'amener à notre conscience les accélérations angulaires. Grâce à ces organes, nous percevrions, dans le déplacement en avant, non *les vitesses*, mais les *accélérations*. Toutes

ces déductions n'étaient ni claires ni convaincantes ; enveloppées intentionnellement dans des phrases nébuleuses, propres aux métaphysiciens, elles étaient accompagnées de-ci de-là d'équations mathématiques qui n'avaient rien à voir dans l'affaire et firent impression sur des profanes en psychologie, tels que Breuer, Crum-Brown et autres. Breuer a résumé brièvement l'hypothèse de Mach : « C'est ce phénomène (l'obliquité apparente des poteaux télégraphiques) qui a décidé Mach à observer le fait dont il s'agit. Il repose sur le mouvement circulaire des yeux qui se produit dans ces circonstances et dont les méridiens sont inclinés par leur partie supérieure vers le centre de la courbe traversée. Cette rotation est une des manifestations du changement survenu grâce à ces circonstances dans la perception de la direction verticale. On croit que la verticale est encore inclinée vers le centre de la courbe, et lorsqu'on se trouve en présence de cette courbe, ou qu'on veut la décrire par un mouvement actif, on incline tout le corps dans la même ligne, vers son centre. C'est ce qui se produit dans toute course circulaire, au cours du patinage, en montant à cheval dans un manège, etc. »

Toutes ces explications sont également erronées et reposent sur une analyse insuffisante du phénomène de l'illusion. Lorsqu'un wagon traverse une courbe, on observe réellement que sa marche est accélérée, mais qu'il prend en même temps *une attitude oblique*. Comme les rails sont posés un peu plus haut du côté extérieur des courbes qui correspond au plus grand cercle, il en résulte une inclinaison du wagon vers le centre de la courbe. Le wagon avec ses portières, les cadres de ses fenêtres, etc., forment alors avec les arbres, les poteaux télégraphiques et les clochers un angle dont le sommet est dirigé en bas sur le côté externe de la courbe et en haut sur son côté interne. Et comme nous sommes habités à attribuer aux wagons une position verticale, nous *concluons* que les poteaux télégraphiques et les arbres sont obliques par rapport à la verticale du wagon. Il s'agit donc ici à proprement parler, non d'une illusion *des sens*, mais d'une erreur *de jugement*. Il suffit, pour s'assurer de la justesse de cette explication, de se pencher en dehors du wagon, jusqu'à ne plus avoir

à titre d'objets de comparaison, devant les yeux, les cadres des fenêtres et les parois du wagon : aussitôt les poteaux télégraphiques apparaissent tous droits. Il suffit même de regarder les arbres et les poteaux, qui semblent obliques, à travers une jumelle de théâtre, pour les voir de nouveau dans la position verticale. Inutile de dire que les cadres des fenêtres ne doivent pas se trouver dans le champ visuel.

Lorsqu'on fait l'ascension d'une montagne en chemin de fer à crémaillère, les montagnes, les maisons et les poteaux télégraphiques apparaissent obliques, dès que l'ascension devient appréciable, leur obliquité se dirigeant dans le sens de l'ascension. Il ne peut naturellement être question ici ni de courbes, ni d'accélération du train. La même illusion se produit naturellement pendant la descente.

J'ai fait ces observations des centaines de fois, entre autres au cours de l'ascension de Glion à Caux. Pendant la dernière étape, alors qu'on approche de Caux, quelques *édifices tout à fait libres* (il ne peut donc pas être question d'une erreur produite par une différence de niveau) apparaissent complètement obliques. Il en est de même de l'hôtel de Caux. *Si on fait l'ascension dans une voiture découverte n'ayant ni fenêtres, ni portières, l'illusion ne se produit pas*. Elle ne se produit pas davantage, si l'on se tient pendant l'ascension sur la plate-forme de devant. J'ai très souvent interrogé à ce sujet mes compagnons de voyage aussi bien en wagon fermé qu'en wagon découvert. Le résultat a toujours été le même : l'illusion se manifestait en wagon fermé, et nullement en wagon découvert. Mon fils âgé de quatre ans, et quelques autres enfants n'ont pas été sujets à cette erreur et voyaient *toujours*, même dans les ascensions les plus fortes, les maisons et les poteaux télégraphiques dans la position verticale. J'ai montré ensuite à mon fils les modèles de Zöllner : il remarqua aussitôt que les lignes parallèles se rapprochaient ou s'éloignaient en haut ou en bas. Il s'agit donc, dans la position oblique des corps et des poteaux, non d'une illusion des sens, mais d'une erreur de jugement, qui ne se produit même pas chez les enfants non prévenus. Sur les montagnes, le même enfant attribuait une position oblique à des maisons qui sem-

blaient inclinées dans un certain sens par rapport à l'horizon, parce que de loin on voyait d'un côté plusieurs étages, et de l'autre un seul étage. Il s'agit donc dans ce cas d'une véritable illusion optique.

On peut recourir, pendant le même voyage, à une expérience cruciale qui ne laissera aucun doute sur l'exactitude de l'explication de l'erreur de jugement que nous venons de donner. Glion et Territet sont réunis par un chemin de fer funiculaire dont la courbe d'ascension est plus rapide que celle du chemin de fer à crémaillère entre Glion et le Rocher de Naye, pourtant les poteaux télégraphiques affectent une position verticale tout le long de ce trajet. La raison en est très simple : les wagons du chemin de fer funiculaire contiennent des compartiments situés à des hauteurs différentes, *ces compartiments restant horizontaux* malgré l'inclinaison de la voie, il en résulte que les cadres latéraux des portes et des fenêtres gardent leur position verticale, par conséquent parallèle aux poteaux télégraphiques, etc., également verticaux.

§ 4. — Mes expériences de rotation sur des animaux.

Malgré l'uniformité générale des rares expériences de rotation que différents auteurs ont pratiquées sur des animaux, l'accord est loin de régner sur l'interprétation de ces expériences. Quant aux observations faites sur l'homme, en ce qui concerne les sensations de rotation, elles sont encore plus contradictoires. La confusion en résultant reposait en partie sur ce fait que certains auteurs, surtout les dilettanti dans l'art de l'expérimentation, en même temps qu'ils décrivaient les phénomènes observés par eux, leur donnaient des désignations qui préjugeaient déjà de leur interprétation : mouvements compensateurs, vertige rotatoire, sensations de rotation, sensations statiques et d'équilibre, telles étaient les particularités attribuées aux phénomènes les plus divers. Comme la plupart de ces phénomènes sont d'une grande importance pour la théorie du sens de l'espace, il m'a paru indiqué de donner, dans l'exposé complet de mes expériences de rotation

sur des animaux, quelques explications sur les expressions employées.

Dans l'expérimentation sur des animaux, nous n'observons *que des phénomènes de mouvement*. Sur les *sensations* des animaux, nous ne recevons, à proprement parler, aucun indice *direct;* il nous est seulement permis, lorsque nous observons chez des animaux des mouvements qui, *dans des circonstances identiques*, sont accompagnés chez l'homme de certaines sensations, de *supposer* des sensations analogues chez les animaux. Quant à le *prouver*, la chose nous est impossible. Lorsque pour des fins expérimentales, l'homme accomplit des rotations, ou est tourné passivement dans un fauteuil mobile, il le fait *volontairement* et *consciemment*. Il peut analyser ses sensations, dominer ses impulsions motrices et les soumettre à des épreuves rendant possibles des observations objectives. Il en est tout autrement lorsqu'il s'agit d'animaux; leurs mouvements étant *imposés*, leurs sensations se manifestent tout d'abord dans une résistance contre les mouvements inconnus et dans la tendance à réagir contre eux, c'est-à-dire à échapper à la machine tournante. Les mouvements qu'ils accomplissent dans ces conditions diffèrent totalement de ceux qu'on observe chez l'homme, et nous n'avons pas le moindre droit de parler des *sensations* des animaux servant à l'expérience. Lorsqu'on parle de sensations de rotation ou de vertige chez les animaux, c'est donc d'une façon toute arbitraire. Il est même probable que certains animaux tels que la grenouille, ne sont nullement capables d'éprouver le vertige.

C'est avec cette réserve que nous allons aborder la description des phénomènes qu'on observe chez des animaux (grenouilles, pigeons et lapins, mes expériences n'ayant porté tout d'abord que sur ces animaux), lorsqu'on les expose à la rotation sur un disque tournant.

Si l'on fait mouvoir ce disque lentement autour de son axe vertical, sous un angle de 10° à 15° environ pour la grenouille, de 25° à 40° pour les pigeons et les lapins, tous ces animaux sans exception réagissent à ce mouvement par une déviation prononcée de la tête. *Cette déviation se fait à gauche, lorsque*



le disque est tourné à droite, dans le sens de l'aiguille d'une montre, et à droite, lorsque la rotation se fait en sens inverse. La direction de la déviation de la tête est tout à fait indépendante de la position occupée par l'animal sur le disque tournant, c'est-à-dire qu'il ait sa tête ou sa queue dirigée vers l'axe ou vers la périphérie de ce disque, qu'il se trouve dans son milieu ou en contact avec la cloche en fil de fer, enfin qu'il tourne la tête en avant ou en arrière.

J'ajoute immédiatement que dans les observations de la plupart des auteurs antérieurs, on trouve également et sans difficulté des témoignages en faveur de cette régularité de la déviation de la tête. Si cette loi n'a pas été énoncée sous cette forme, avant moi du moins, cela tient à ce que *la plupart des observateurs ont décrit la déviation de la tête par rapport à l'axe ou à la périphérie du disque*. Dans ce cas, on peut réellement constater des différences, en ce qui concerne cette déviation, selon que le pigeon, par exemple, a sa tête ou sa queue orientée dans la direction de la rotation.

Nous avons choisi à dessein le terme vague « déviation de la tête », parce qu'il n'anticipe en rien sur l'interprétation du phénomène. Si on examine celui-ci de près, on constate qu'il ne s'agit pas d'une rotation *active* de la tête ; celle-ci se contente tout d'abord de ne pas suivre le mouvement du corps, l'animal la retenant passivement *dans la mesure où la fixation de la tête sur le corps le lui permet*. La loi devrait donc être formulée exactement de la façon suivante : *au début de la rotation de l'animal sur un disque horizontal, autour d'un axe vertical, la tête, qui retarde sur le mouvement, se trouve tournée à gauche, lorsque la rotation se fait à droite, et inversement; et cela indépendamment de la position que l'animal occupe sur le disque tournant*. On peut s'assurer facilement de cette indépendance, en plaçant à la fois plusieurs grenouilles sur le même disque tournant.

Nous nous contentons provisoirement de n'analyser, parmi les suites du mouvement de rotation, que cette déviation de la tête, et cela parce qu'elle se produit *également* chez les trois animaux ayant servi aux expériences, qu'elle est

le *premier* effet de la rotation et qu'elle se manifeste même dans la rotation *très lente*, alors qu'il ne peut nullement être question de vertige rotatoire. Nous discuterons plus loin les phénomènes du nystagmus de la tête et des yeux qui suivent cette déviation de la tête et que Breuer, Ewald et autres désignent comme « mouvements compensateurs » ou « vertige rotatoire ». Ici nous étudierons les phénomènes ultérieurs qui se déroulent, à mesure qu'on continue la rotation ; ces phénomènes varient d'un animal à l'autre.

La grenouille normale garde généralement l'attitude qu'elle a adoptée au début de la rotation ; elle se *ramasse* un peu sur elle-même, en attirant davantage ses pattes vers le corps et en se rapprochant du disque. C'est dans cette attitude qu'elle est à même de résister le mieux à la rotation, sans s'exposer à être projetée au loin. Pendant toute la durée de la rotation, *lorsque celle-ci n'est pas trop intense*, l'attitude de la tête reste invariable. Au moment où le disque s'arrête, *la grenouille tourne brusquement sa tête dans le sens opposé ; si la tête était tournée à gauche, elle se trouve tournée à droite et inversement.* On reçoit l'impression que la rotation cessée, l'animal cherche à ramener sa tête dans l'attitude normale, mais qu'il a dépassé le but. Ainsi au bout de 5 à 10 secondes, la tête reprend son attitude normale. Quand la rotation est trop violente pour que la grenouille puisse conserver sa position et qu'entraînée par la force centrifuge elle se trouve projetée contre le mur, elle reprend immédiatement après l'arrêt du disque son attitude antérieure, en tournant la tête du côté opposé de la même façon que dans la rotation lente. Avant de pouvoir reprendre cette attitude, elle fait de temps à autre un ou deux mouvements maladroits (voir fig. 9, planche I).

Chez le pigeon, la rotation peu intense provoque les phénomènes suivants ; au lieu de rester debout, le pigeon s'assied et se cramponne au disque, l'attitude détournée de la tête s'atténue et disparaît peu à peu complètement. Si l'on arrête alors brusquement la rotation, on trouve le plus souvent la tête dans l'attitude normale (nous faisons pour le moment abstraction du nystagmus de la tête et des yeux) ; si au contraire la rotation est accélérée au point que le pigeon ne peut plus

conserver sa position assise, il appuie fortement la queue sur le disque, la tête et le bec tournés vers le treillage de la cloche, et se maintient généralement à peu près immobile dans cette position, même dans les rotations les plus rapides. Si l'on arrête alors brusquement la rotation, le pigeon est projeté du treillage de la cloche, la queue généralement tournée en arrière ; très souvent, lorsque la rotation dure longtemps, le pigeon fait quelques culbutes autour de sa queue avant de pouvoir retrouver son équilibre. Dans l'arrêt progressif après ralentissement préalable de la rotation, le pigeon reprend la position assise qu'il avait antérieurement.

Chez le lapin, les phénomènes sont un peu plus compliqués, lorsque la rotation est continuée pendant un temps plus ou moins long. Il commence par adopter l'attitude assise en se ramassant sur lui-même de façon à rapprocher sa tête du train postérieur dans la direction où celle-là se trouve déviée. Dans cette attitude, il cherche à s'appuyer contre le mur. Ensuite il change quelquefois son attitude d'une façon complète : il se couche de façon à faire coïncider l'axe longitudinal de son corps avec le rayon du disque, sa tête qui a repris son attitude normale étant tournée vers le centre de la rotation, son train postérieur vers la paroi de la cloche. Des lapins qui ont déjà été exposés plusieurs fois à la rotation adoptent généralement dès le début cette attitude plus commode. Si le disque est arrêté pendant que l'animal se trouve dans cette dernière attitude, il reste tranquillement assis; si au contraire il est arrêté alors que l'animal se trouve ramassé sur lui-même, l'animal tourne la tête vers le côté opposé. Quand la rotation du disque est accélérée au point que le lapin, entraîné par la force centrifuge, se trouve projeté contre la paroi de la cloche, il reste fixé à cette paroi de toute la longueur de son corps, généralement par la face dorsale de celui-ci. Dans l'arrêt brusque, l'animal se roule à plusieurs reprises autour de son axe longitudinal, dans la direction de gauche à droite lorsque la rotation se fait à droite, et inversement. Le nombre de ces mouvements varie de 2 à 8; les mouvements de manège sont très rares chez le lapin. Si au contraire on transforme progressivement la rotation rapide en une rotation plus lente, l'animal se

redresse vite sur ses pattes, adopte la position radiale et se comporte pendant l'arrêt de la façon qui a été décrite plus haut.

Lorsque les animaux ont été exposés à la rotation pendant plusieurs jours consécutifs, les phénomènes décrits diminuent généralement beaucoup en intensité. Le pigeon commence par essayer de résister à la rotation, en se déplaçant avec ses pattes dans la direction opposée, comme s'il se tenait sur un disque qu'il ferait mouvoir lui-même. La déviation de la tête ne se produit plus et l'animal ne reprend l'attitude décrite que lorsque l'accélération devient plus forte.

Quand on continue la rotation des pigeons ou des lapins, après que la déviation s'est produite, on observe que leur tête subit des chocs en arrière dans la direction de la rotation, c'est-à-dire dans une direction opposée à celle de la déviation. L'impression que produisent ces chocs est qu'une excitation agissant par la voie réflexe cherche à ramener la tête dans la direction de la rotation, c'est-à-dire dans l'attitude normale ; mais l'animal détourne toujours de nouveau la tête, jusqu'à ce que celle-ci atteigne le maximum de déviation qu'elle présentait au début de l'expérience. A un observateur superficiel, le nystagmus de la tête apparaît comme une oscillation ; mais en réalité le choc en retour dans la direction de la rotation se produit beaucoup plus vite que le mouvement inverse. La déviation de la tête atteint un angle de 80° à 120°, tandis que l'angle du nystagmus présente environ le quart de ce nombre (20° à 30°). Chez les grenouilles, on n'observe pas la moindre trace de ce nystagmus ; il est plus prononcé chez les pigeons que chez les lapins. Lorsque la rotation persiste, le nystagmus s'atténue peu à peu, jusqu'à disparaître complètement. Après l'arrêt brusque de la rotation, *et alors même que le nystagmus de la tête a complètement disparu*, il se produit un nystagmus secondaire, d'un caractère oscillatoire prononcé. Ce nystagmus secondaire est d'autant plus intense que la rotation a été plus prolongée et plus rapide ; il persiste (et commence) chez les lapins après la cessation des mouvements tournants forcés. Si on immobilise la tête pendant ce nystagmus secondaire, il se produit, aussi

bien chez les lapins que chez les pigeons, un nystagmus oculaire tout aussi intense.

Toutes les déviations de la tête qui viennent d'être décrites, ainsi que le nystagmus de la tête et des yeux, sont considérés par Breuer et autres comme des symptômes du vertige rotatoire chez les animaux. Ces symptômes seraient, d'après Breuer et autres, autant de réflexes ayant leur point de départ dans les canaux semi-circulaires; ils correspondraient aux mouvements oculaires dits « compensateurs » qu'on observerait chez l'homme pendant les rotations de son corps et qui auraient pour but de permettre de calculer l'angle décrit par la tête au cours de ces rotations ! Mes expériences avec la rotation des animaux, dont les nerfs acoustiques étaient préalablement sectionnés ont, par contre, démontré clairement que le nystagmus et les autres symptômes du vertige de rotation ne dépendent pas des canaux semi-circulaires. On les observe également chez les animaux avec les nerfs acoustiques sectionnés.

Delage et Aubert ont été les premiers à reconnaître que tout l'édifice érigé par Mach et autres, doit s'écrouler devant les résultats de ces expériences. En battant ainsi en retraite, ils n'attendaient que la confirmation de ces résultats par d'autres expérimentateurs. Breuer, Steiner, Bechterew ont largement confirmé mes résultats, le premier chez des pigeons dont les canaux membraneux furent enlevés, les derniers chez des chiens avec des nerfs acoustiques sectionnés. Breuer, il est vrai, insiste sur ce fait que les mouvements soi-disant compensatoires cessent quand on leur recouvre les yeux avec des bonnets. Mais, cela ne fait que conformer encore que ces mouvements n'ont rien à faire avec les canaux semi-circulaires, mais dépendent plutôt de l'organe visuel.

A priori, la dépendance du *nystagmus de la tête et des yeux* des canaux semi-circulaires paraît plus probable que celle de *la déviation de la tête*. Les expériences de Flourens avaient déjà montré qu'un nystagmus de la tête se produit réellement au cours des opérations sur les canaux semi-circulaires ; quant au nystagmus oculaire, nos expériences ont montré que l'excitation des canaux semi-circulaires le produit d'une façon très régulière, chaque canal isolé

donnant naissance à un nystagmus oculaire déterminé. « De toutes les expériences du remarquable travail de Cyon, la plus importante est, à mon avis, la suivante : l'excitation de chaque canal semi-circulaire provoque des mouvements oscillatoires des yeux dont la direction est déterminée par le choix du canal excité. » C'est ce que reconnaissent Delage et Aubert eux-mêmes. Cette découverte a été refaite à nouveau par de nombreux auteurs, par exemple Ewald et autres, auxquels mes recherches auraient soi-disant échappé. Il s'agit donc là d'une donnée qui est hors de doute; on pourrait donc admettre comme probable que le nystagmus de la tête et des yeux se produisant pendant la rotation dépend d'une excitation des canaux semi-circulaires (par opposition à la « déviation de la tête »). Pour que cette probabilité fût transformée en certitude, il est indispensable de produire la preuve *que les mouvements de la tête peuvent ou doivent mettre les canaux semi-circulaires en état d'excitation*. Goltz, Breuer, Ewald acceptent cette proposition comme un axiome, n'ayant pas besoin de preuve et fondent là-dessus toute leur théorie du vertige.

Ils ont cependant omis de faire cette simple réflexion suffisante pour renverser tout leur édifice. Si les mouvements de la tête pouvaient exciter les canaux semi-circulaires et si l'excitation de ceux-ci suffisait à produire le vertige rotatoire, les hommes et les animaux devraient être constamment sujets au vertige. Il est en effet démontré que l'excitation des canaux semi-circulaires provoque des mouvements oscillatoires de la tête ; si ces derniers excitaient à leur tour les canaux semi-circulaires, nous nous trouverions en présence d'un *perpetuum mobile* d'un genre particulier qui aurait pour effet une excitation rythmique continue du labyrinthe de l'oreille. Nous ne pourrions nous débarrasser du vertige et des sensations d'accélération que par une immobilisation forcée de la tête. Qu'on observe par exemple le vol des tourtereaux ou, mieux encore, celui des mouettes lorsque celles-ci se précipitent derrière le morceau comestible qu'on lance en l'air ; elles décrivent avec une rapidité foudroyante des cercles grands et petits, et pourtant on n'observe pas chez elles la moindre

trace de déviation de la tête, de vertige ou de nystagmus des yeux. Ceci peut être constaté facilement non seulement par l'observation directe, mais encore grâce à ce fait que les mouettes sont capables d'attraper au vol les morceaux avec la plus grande précision, alors même qu'elles sont obligées de changer à plusieurs reprises et avec la plus grande rapidité la direction du vol..

§ 5. — Mes expériences de rotation sur des animaux aveuglés.

La plupart des résultats des expériences communiquées dans les paragraphes précédents prouvent jusqu'à l'évidence que le nerf acoustique ne participe pas directement à la production de certains vertiges ; il a été au contraire, reconnu que la plupart dépendent uniquement du vertige visuel. Il serait donc indiqué d'examiner de plus près ma théorie du vertige visuel, telle qu'elle a été développée dans les années 1873-78, lors de l'élaboration de ma théorie du sens de l'espace. Cette théorie a en effet fait ressortir les vrais rapports qui existent entre le vertige visuel et les fonctions du labyrinthe de l'oreille. Il est toutefois préférable, pour de nombreuses raisons, de remettre la discussion approfondie de mes expériences sur le vertige visuel au chapitre suivant, où la théorie du sens de l'espace se trouve formulée et développée dans tous ses détails. Ceci facilitera considérablement l'intelligence de la nature de cette forme de vertige. Je n'exposerai ici que les résultats de mes expériences sur des animaux rendus aveugles, ces résultats constituant un ensemble de preuves nouvelles contre les hypothèses erronées de Mach-Breuer, etc., et en faveur de ma conception des fonctions des canaux semi-circulaires.

Pour obtenir l'aveuglement, nous nous sommes complètement abstenus des cruelles opérations pratiquées par d'autres. Des interventions opératoires aussi graves que les extirpations des globes oculaires ne sont pas seulement superflues, mais constituent par leurs suites une cause de trouble. En outre, elles ne permettent pas d'observer la façon dont les ani-

maux réagissent à la rotation, lorsqu'ils deviennent de nouveau accessibles aux perceptions visuelles. Je me suis servi, pour rendre les animaux aveugles, de bonnets faits en étoffe solide et foncée et qu'on remplissait de laine. Pour les grenouilles, il suffit de se servir, en guise de bonnets, de doigts de gants fermés en avant. Une partie de mes expériences fut exécutée dans l'obscurité.

Lorsqu'on place sur le disque tournant des grenouilles intactes, rendues aveugles à l'aide de bonnets en peau, elles ne manifestent aucune réaction, que la rotation se fasse rapidement ou lentement. La tête garde son attitude normale, aussi bien au début qu'à la fin de la rotation. Lorsque la grenouille est tournée avec une rapidité telle, qu'elle est projetée contre la paroi de la cloche en treillage, elle reprend, une fois la rotation arrêtée, la position ramassée qu'elle avait antérieurement, sans manifester au préalable de mouvements forcés. Tout au plus, ce retour à l'attitude normale se fait-il lentement avec une certaine gaucherie. L'animal exécute aussi bien avant qu'après la rotation, de vaines tentatives d'arracher le bonnet de la tête; mais il existe aussi des cas, où il reste immobile comme hypnotisé sur le disque et garde cette attitude pendant toute la durée de la rotation.

L'élimination des perceptions visuelles suffit donc seule à empêcher chez la grenouille normale, la production des déviations connues de la tête pendant la rotation. Si l'indépendance de cette déviation par rapport aux canaux semi-circulaires avait besoin d'une nouvelle preuve, le fait que nous citons en constitue une aussi complète que possible. Pour établir avec plus de précision l'influence que le déplacement de l'image rétinienne exerce sur la déviation de la tête, il suffit de faire la très simple expérience suivante : une grenouille est *fixée, dans l'attitude abdominale*, sur une planchette de telle sorte que sa tête et la partie antérieure de son corps restent mobiles. Placée sur le disque tournant, elle présente la déviation connue de la tête, même dans la rotation la plus légère. On fixe alors la grenouille de la même façon sur la planchette, mais *dans l'attitude dorsale*. *Pas la moindre trace de déviation de la tête, quelle que soit la*

durée de la rotation. Dans cette attitude, l'image rétinienne de la grenouille (les parties correspondantes de la planchette) ne subit pas de déplacement au cours de la rotation, et la tête garde son attitude normale par rapport au corps.

Des opérations sur des canaux isolés des grenouilles selon la méthode de Böttcher, Solucha et moi, sont très difficiles à exécuter. Mais, dans les expériences où il s'agit seulement d'étudier la façon dont se comportent sur le disque tournant les grenouilles privées de labyrinthes, le procédé buccal de Hasse ou de Schrader, qui consiste à détruire tous les canaux par le palais, suffit amplement pour obtenir des résultats claires. Les phénomènes produits par des destructions uni- et bilatérales des labyrinthes ont été exposés plus haut et n'ont plus besoin d'être décrits de nouveau, je voudrais seulement attirer l'attention sur trois symptômes qui semblent avoir échappé jusqu'ici aux expérimentateurs. Le premier de ces symptômes consiste dans une sécrétion cutanée tout à fait extraordinaire, qui souvent survient immédiatement après la destruction des deux labyrinthes; en moins d'une minute, l'eau d'une grande cuvette, dans laquelle se trouve la grenouille se remplit de cette sécrétion d'une odeur âcre qui provoque de forts éternuements.

Le deuxième phénomène consiste dans un coassement continu et prolongé des grenouilles privées de leurs labyrinthes. Il suffit de prendre dans la main une de ces grenouilles pour provoquer ce coassement insupportable auquel prennent aussitôt part ses compagnes de captivité. Les données d'Ewald relatives à l'affaiblissement des organes vocaux après l'extirpation des labyrinthes ne sont pas exactes, du moins en ce qui concerne la grenouille. Le troisième symptôme me paraît être beaucoup plus important. Il se produit, immédiatement après l'opération, une ophthalmie très prononcée des deux côtés, qui dure plusieurs semaines. Ce phénomène mérite d'être examiné de près, surtout en raison des faits observés chez le lapin après la section des acoustiques et que nous décrivons plus bas.

Les grenouilles privées de leurs labyrinthes se montrent d'une façon générale beaucoup moins agitées, lorsqu'on les

place sur le disque tournant, que les grenouilles normales. La déviation de la tête n'apparaît que chez les grenouilles, chez lesquelles sa position oblique ne se manifeste pas aussitôt après l'opération, ou ne se produit que de temps à autre. Cette dernière éventualité ne s'observe le plus souvent que chez les animaux dont on maintient, au début de la rotation, la tête dans l'attitude normale. Ceci est vrai aussi bien des grenouilles ayant subi l'opération unilatérale que chez celles qui ont été opérées des deux côtés. La déviation de la tête est toujours moins prononcée que chez les grenouilles normales et plus accusée, lorsque la rotation se fait, dans un sens que dans l'autre. *Après la cessation de la rotation, il ne se produit jamais une déviation de la tête vers le côté opposé, quelle qu'ait été la durée de la rotation.*

Les grenouilles maintiennent beaucoup plus difficilement leur attitude ramassée décrite plus haut. Lorsque la rotation s'arrête, après avoir duré assez longtemps, elles exécutent fréquemment des mouvements violents (mouvements de manège, sauts en hauteur avec culbutes autour de l'axe transversal du corps, etc.), selon la nature des mouvements forcés produits par l'opération. Ils reviennent aussi plus difficilement au repos.

Lorsqu'on dispose sur le disque tournant des grenouilles saines placées dans une cuvette remplie d'eau, elles nagent le plus souvent dans la direction de la rotation, *la déviation de leur tête étant très nettement accusée*. Les grenouilles privées de labyrinthe nagent sur le disque tournant ou comme d'habitude, en tournant autour de leur axe longitudinal (mouvements valsants) ou seulement en se balançant. Je n'ai pas pu observer la déviation de la tête pendant la natation chez les grenouilles ayant subi l'extirpation des labyrinthes. En revanche, elles cherchent souvent à nager *contre* la direction de la rotation, quand elles étaient habituées à nager dans cette direction en dehors du disque tournant. Les grenouilles sans labyrinthe nagent habituellement dans la même direction dans laquelle elles exécutent leurs sauts ou leurs mouvements de manège. Il va sans dire que chez les grenouilles rendues aveugles, on ne pouvait pas observer d'autres phé-

nomènes que ceux obtenus chez les grenouilles ayant conservé la vue intacte. Les mouvements forcés sont quelquefois plus violents et la difficulté de garder l'équilibre encore plus grande. Ce qui m'a frappé chez les grenouilles privées de labyrinthe et rendues aveugles, ce fut l'agilité avec laquelle quelques-unes accomplissent des mouvements compliqués afin d'arracher le bonnet.

Chez les pigeons, on constate également qu'après l'occlusion des yeux à l'aide d'un bonnet bien hermétique, l'absence complète de la déviation habituelle de la tête pendant la rotation. Après que le pigeon a fait quelques tentatives de se débarrasser du bonnet, il reste complètement tranquille sur le disque; mais il est rare que le bec occupe exactement la ligne médiane. La rotation lente ne change rien à cette attitude. De temps à autre, surtout chez les pigeons sur lesquels on a déjà souvent fait des expériences de rotation, on observe, si l'on continue la rotation, une déviation *très faible* de la tête. Le nystagmus de la tête survient, au contraire, de temps en temps chez les pigeons rendus aveugles.

Dans la rotation rapide continue, le pigeon rendu aveugle présente à peu près les mêmes phénomènes que le pigeon normal. Après l'arrêt brusque, il reprend presque aussi rapidement son attitude normale *sans nystagmus secondaire. Si au contraire on enlève rapidement le bonnet après l'arrêt, on observe quelques secousses de nystagmus assez prononcées de la tête et des yeux.* Le renversement de la tête lors de l'arrêt brusque après une rotation très rapide est notablement plus faible chez les pigeons aveuglés ou enfermés dans une pièce obscure que chez les pigeons normaux.

Lorsqu'on imprime à un pigeon normal, au lieu d'un mouvement rotatoire, un mouvement latéral rapide en ligne droite, on voit sa tête exécuter des mouvements très irréguliers; très souvent même, la tête précède le corps, le nystagmus de la tête survient d'une façon presque régulière, quelle que soit l'attitude de la tête. Si l'on fait cette expérience sur le même pigeon dont on a recouvert les yeux avec un bonnet, la tête retarde plutôt; le nystagmus de la tête manque.

Même dans les rotations du pigeon normal (exécutées avec la main) autour de l'axe longitudinal ou transversal, on ne réussit jamais à constater des attitudes déterminées de la tête. Par contre, le nystagmus des yeux s'observe d'une façon très nette. Il va sans dire que si on recouvre au cours de ces rotations, les yeux du pigeon avec un bonnet, on ne réussit pas davantage à observer un mouvement « compensateur » constant de la tête. Chose bizarre ! Breuer lui aussi a constaté cette absence des mouvements « compensateurs » dans les mêmes circonstances. Il se tire d'affaire par des phrases dans le genre de celle-ci : « Ceci doit dépendre de l'état psychique de l'animal. » « L'absence du mouvement compensateur peut être attribuée à l'étourdissement. »

Afin de montrer la façon dont se comporte le lapin, nous citerons une expérience au cours de laquelle les phénomènes ont été consécutivement observés chez le même jeune lapin, *avant*, *pendant* et *après* l'élimination des sensations visuelles. Ce lapin avait déjà servi à des expériences de rotations deux jours auparavant. Dans *une seule* rotation de cinq secondes, la déviation de la tête, apparue dès le début de la rotation était très prononcée. Le nystagmus de la tête était très faible, mais perceptible. En doublant la rapidité de la rotation, le nystagmus de la tête devenait plus fréquent. L'arrêt brusque après une rotation prolongée de quatre tours en cinq secondes était suivi de mouvements violents du corps. Le même phénomène se reproduisait lorsque la rotation se faisait avec une vitesse de six tours en cinq secondes. Après une rotation de deux minutes à droite (dans la direction de l'aiguille d'une montre), avec une vitesse finale de trois tours à la seconde, l'arrêt brusque était suivi de cinq à six mouvements roulants violents de tout le corps à droite. La déviation de la tête à droite durait plusieurs minutes ; tremblement de tout le corps.

Au bout d'un quart d'heure, on a refait la même expérience, mais avec une *rotation à gauche ;* le résultat a été le même, mais en sens opposé. Après une interruption de quinze minutes, on a de nouveau refait la même expérience, avec *rotation à droite* et à la même vitesse que tout à l'heure. Le lapin

change plusieurs fois de position, il se lève, appuie le dos contre la cloche en treillage et garde cette attitude pendant la rotation la plus rapide. Si au lieu d'arrêter le disque brusquement, on ralentit alors la rotation *progressivement* dans l'espace de dix secondes : *on n'observe ni mouvements forcés ni déviation de la tête à droite*. La même expérience a encore été répétée deux fois dans des directions différentes, et le résultat a toujours été le même. Dans la rotation à gauche, la tête de l'animal a exécuté, après l'arrêt, quelques mouvements *à gauche*, mais il n'y a pas eu de déviation de la tête à proprement parler.

Après une pause d'un quart d'heure, les yeux du lapin ont été recouverts par un bonnet. La rotation *lente* n'a produit qu'une déviation de la tête assez faible, à peine perceptible. En répétant l'expérience avec la rotation lente, on observe qu'au lieu de tourner la tête *à gauche*, le lapin la tourne quelque peu *à droite ;* cette déviation à droite s'accentue lorsque la rotation (toujours très lente, un demi-tour environ en deux ou trois secondes), se fait dans la direction opposée (à gauche). Ce n'est que lorsque cette rotation est transformée *brusquement* en rotation à droite qu'on obtient une légère déviation de la *tête à gauche*. Lorsque l'animal rendu libre est déposé sur le sol, il reste immobile, et on ne peut le faire changer de place même en le bousculant.

En répétant les expériences précédentes (rotation très rapide d'une durée de deux minutes), j'ai observé après l'arrêt brusque, ainsi que je l'ai dit plus haut, plusieurs mouvements roulants. Au cours de ces mouvements, le lapin tombait sur le dos, les pattes en l'air, et restait dans cette attitude pendant quelques secondes, avant de pouvoir reprendre son attitude normale.

Dans l'obscurité, le lapin se comporte de la même façon que lorsqu'il a les yeux recouverts par un bonnet. Les mouvements roulants se produisaient lors de l'arrêt *brusque* après la rotation rapide ; mais ces mouvements étaient faibles et de courte durée. Si, aussitôt après l'arrêt du disque on approche une lumière des yeux de l'animal, on voit se produire un nystagmus faible, mais nettement prononcé.

J'ai observé une ou deux fois, au cours de mes expériences de rotation sur les lapins dans l'obscurité, que lorsque les mouvements roulants ne survenaient pas au moment de l'arrêt, *ils se produisaient, dès qu'on approchait une lumière des yeux de l'animal.*

Au point de vue de l'intèrprétation du vertige visuel dans le sens que j'ai indiqué plus haut, ce phénomène est encore plus significatif que la simple apparition du nystagmus de la tête et des yeux après l'enlèvement brusque du bonnet. Il montre en effet clairement que le vertige cérébral (vertige de Purkinje) peut être également renforcé par l'adjonction du vertige visuel. Il résulte de ces expériences : 1° que chez les animaux, privés de la vue, les mouvements de la tête dits « compensateurs » ne se manifestent pas du tout, ou ne se manifestent que par une très faible déviation de la tête d'une direction indéterminée ; 2° que les mouvements forcés apparaissent avec assez de netteté, quoique sous une forme affaiblie, après l'arrêt d'une rotation rapide, tandis que le nystagmus des yeux ne se produit qu'à la suite de l'irruption brusque d'une lumière. Ces faits une fois établis, il n'y avait plus aucun intérêt particulier à entreprendre des expériences de rotation sur des animaux privés de la vue et ayant *subi la section des nerfs acoustiques.* Le résultat n'était pas difficile à prévoir. Je n'en ai pas moins exécuté une paire de ces expériences de contrôle, dont je ne citerai qu'une seule, parce qu'il s'agit d'un cas où la section avait été très bien réussie.

Expérience du 30 juin 1896. — Lapin de grande taille déposé sur la machine tournante avant la section des acoustiques ; il ne présentait, surtout pendant la rotation à droite, qu'une très faible déviation de la tête ; le nystagmus de la tête était au contraire nettement prononcé. Violents mouvements roulants de gauche à droite et nystagmus oculaire intense, après l'arrêt brusque d'une rotation rapide dans le sens de l'aiguille d'une montre.

On sectionne l'acoustique gauche, et on voit apparaître aussitôt un nystagmus oculaire intense et les mouvements roulants connus d'une violence extraordinaire. Section de



l'acoustique droit : le nystagmus oculaire disparaît aussitôt pour faire place à une déviation tétanique des globes oculaires. L'animal débarrassé de ses liens exécute quelques mouvements roulants qui cessent aussitôt. Le lapin reste tranquillement sur le côté, dans l'attitude impuissante qu'on connaît, la tête tournée à gauche. Déposé sur le disque après un quart d'heure de repos, *il présente pendant la rotation lente, un nystagmus oculaire prononcé ;* la tête reste immobile dans l'attitude précédente. L'arrêt de la rotation rapide est suivi de mouvements roulants faibles, mais complets et d'un nystagmus oculaire très intense et persistant.

Les mêmes expériences sont reproduites dans une pièce obscure, avec arrêt brusque seulement après rotation rapide. Sur six expériences de cette catégorie, on observe deux fois des mouvements roulants violents en apparence, mais de courte durée. *Ces mouvements roulants ont fait défaut dans quatre expériences mais survenaient, dès qu'on projetait de la lumière dans les yeux.* On a pu constater un nystagmus oculaire intense dans toutes les six expériences.

Le lapin a été tué le lendemain ; l'autopsie révéla une section complète des deux acoustiques, avec hémorrhagie interne à droite.

J'ai observé, chez les deux lapins opérés, une légère exophthalmie à gauche (les acoustiques gauches ayant été sectionnés les premiers, dans ces deux cas), une insensibilité de la cornée du même côté et une impossibilité de fermer les paupières. Chez le deuxième lapin que j'ai laissé en vie pendant vingt-quatre heures, il se déclara en outre une suppuration de la cornée, comme après la section du trijumeau. L'animal passe la nuit dans une caisse remplie de paille, couché sur le côté gauche, la moitié gauche du visage fortement enfoncée dans la paille. L'examen microscopique ne me révéla pas la moindre lésion du facial. Je ne cite ce fait que parce que l'exophthalmie à part, Baginsky a déjà observé des phénomènes analogues et le fait mérite une recherche plus approfondie.

Essayons maintenant d'interpréter les mouvements de la tête qui se produisent chez les animaux au cours de la rotation.

Le lecteur attentif aura déjà tiré lui-même la conclusion qui s'impose. Il s'agit aussi bien dans les déviations de la tête que dans le nystagmus de la tête et des yeux, *de phénomènes exclusivement visuels*. En ce qui concerne tout d'abord la déviation de la tête qui atteint, même dans les rotations les plus lentes, un angle de 10° à 20° ; l'inspection pure et simple de l'animal suffit à en donner l'explication exacte : *les animaux ont les yeux fixés sur l'image rétinienne qu'ils cherchent à maintenir*. Qu'on fasse seulement abstraction d'analogies éloignées avec les expériences de rotation sur l'homme. Ce dernier se rend compte de la rotation qui se produit ; il ne songe pas à s'y opposer et sa tête suit les mouvements de son corps aussi parfaitement que chez les animaux dans les rotations qu'ils accomplissent *volontairement*. Au début de la rotation l'animal n'éprouve que le déplacement de l'image rétinienne, et il cherche précisément à résister à ce déplacement en s'attachant avec ses yeux à ce qu'il voit. Lorsque la rotation se fait sans ce déplacement de la rétine, — comme dans l'expérience décrite plus haut exécutée sur la grenouille fixée sur le dos, — la déviation de la tête fait défaut, de même que chez les animaux ayant les yeux bandés. La déviation tout à fait insignifiante qu'on observe encore de temps à autre chez les pigeons privés de la vue est due à l'inertie. La tête facilement mobile retarde un peu sur les mouvements du corps.

Le maintien de l'image rétinienne s'observe également chez l'homme dont les globes oculaires retardent un peu sur les mouvemeuts de la tête, grâce à l'indépendance de son appareil musculaire et à sa grande mobilité dans l'orbite. Les mouvements oculaires, dits compensateurs apparaissent chez l'homme, non seulement parce qu'il cherche à maintenir l'image rétinienne, mais aussi parce que l'innervation des muscles de l'œil se fait indépendamment de celle de la musculature du corps ; c'est pourquoi on observe, alors même que les yeux sont fermés, un retard sensible du globe oculaire lors du mouvement de la tête.

Des pigeons et des lapins qui ont été fréquemment exposés à la rotation, qui sont par conséquent habitués au déplacement

de l'image rétinienne, renoncent aussi le plus souvent à détourner la tête et essaient de réagir contre le mouvement désagréable, en cherchant à se déplacer à l'encontre de la direction de la rotation (pigeons) ou en donnant à leur corps une attitude solide, la tête contre le centre, qui diminue les suites de la rotation (lapins). C'est pourquoi la direction de la tête disparaît chez les pigeons et les lapins, lorsqu'on continue la rotation pendant un temps plus ou moins long ; certains lapins ferment dans ce cas les yeux. Le maintien de l'image rétinienne à l'aide de la déviation de la tête est donc en grande partie un acte volontaire.

Le mouvement de retour de la tête vers la direction de la rotation, mouvement qui donne lieu à un nystagmus de la tête oscillatoire, en apparence, est de nature purement réflexe. Il est évident que ce mouvement résulte de l'excitation de la rétine par le déplacement rapide des images rétiniennes. C'est seulement parce que la déviation volontaire de la tête s'oppose à ce mouvement réflexe de retour, que ce dernier devient en apparence oscillatoire et ne permet pas à la tête d'adopter une déviation vers la direction de la rotation qui dépasse l'attitude normale. Cette excitation par le déplacement de l'image rétinienne augmente à mesure qu'on continue la rotation, jusqu'à se transformer en vertige visuel qui, la rotation continuant, se manifeste par une déviation de la tête dans la direction de la rotation, et chez les pigeons et les lapins par un nystagmus de la tête. Le champ visuel semblant se déplacer dans une direction opposée à la rotation, il en résulte que la déviation de la tête et le nystagmus reçoivent une direction qui correspond à la rotation.

Chez la grenouille qui, vu la faible mobilité de sa tête, ne présente pas de nystagmus de cet organe, on n'observe que la déviation de la tête. Elle cherche par exemple, dans la rotation à droite, à fixer son champ visuel antérieur et est obligée, pour y arriver, de tourner la tête à gauche. Après l'arrêt de la rotation, alors que le champ visuel *semble* se déplacer à gauche, elle tourne la tête à droite, afin de maintenir le champ visuel et de combattre ainsi le vertige visuel. La destruction de ses canaux semi-circulaires ne peut naturellement exercer

aucune influence sur sa réaction contre le mouvement *réel* du champ visuel. C'est pourquoi apparaît la déviation initiale de la tête. Par contre, la direction de la tête ne se produit pas dans l'arrêt de la rotation, parce que conformément à ma conception du vertige visuel, telle que je l'ai exposée plus haut, une grenouille privée de ses labyrinthes ne peut plus être sujette au vertige visuel.

Les grenouilles ne paraissent pas être sujettes au véritable vertige cérébral, que nous désignons sous le nom de vertige de Purkinje. Du moins on n'observe chez elles, au cours de la rotation, aucun des symptômes (mouvements roulants, etc.), qu'on considère comme suites des accès de vertige. Les pigeons présentent-ils ce vertige cérébral ? Je n'oserais pas l'affirmer avec certitude. Lorsque le disque tournant s'arrête, même après la rotation la plus rapide, ils recouvrent immédiatement leur équilibre ; ils se retournent tout au plus une ou deux fois autour de l'axe transversal de leurs corps, ce qui peut s'expliquer facilement par l'action mécanique de la force centrifuge. Lorsqu'un homme saute d'une façon inaccoutumée d'un train en marche ou même d'une voiture qui roule vite, il tombe également à la renverse, et même plus d'une fois. Il ne peut être question dans ce cas de sensation de vertige. On peut expliquer par les dispositions anatomiques l'absence de vertige cérébral chez les grenouilles; par contre, la cause de l'immunité à cet égard des pigeons provient de leur grande habitude à exécuter des mouvements tournants.

Les lapins au contraire semblent, de même que les hommes d'ailleurs, sujets au vertige, ainsi que le prouvent les mouvements forcés violents, le tremblement de tout le corps et l'incertitude persistante des mouvements de ces animaux, après une rotation prolongée, même s'ils ont été privés de la vue. Pendant ce vertige existe une plus grande incertitude des mouvements, le vertige visuel ne pouvant qu'aggraver les troubles moteurs. Une observation sur des lapins qui ont été exposés à la rotation dans l'obscurité est assez caractéristique sous ce rapport : dans les rares cas où l'arrêt de la rotation n'est pas suivi de mouvements roulants, ces derniers apparaissent aussitôt, lorsqu'on projette de la lumière

dans les yeux de l'animal. Le vertige visuel survenant à titre de nouvelle excitation est incontestablement la cause de ces mouvements.

Pour m'en assurer, j'ai fait sur moi-même l'observation suivante. Ainsi qu'il a été dit plus haut, je suis extrêmement sensible au vertige de rotation et il m'est impossible de tourner trois ou quatre fois autour de mon axe longitudinal les yeux ouverts, sans être pris de vertige ; je suis forcé de m'arrêter parce que mes jambes deviennent raides. Quand j'ai les yeux fermés, je puis, dans une pièce éclairée, tourner pendant dix à douze secondes. Mais les sensations de vertige n'en sont que plus intenses, lorsque je rouvre les yeux. Dans l'obscurité et les yeux fermés, j'ai pu exécuter des rotations durant jusqu'à cinquante secondes. J'ai pu continuer la rotation en résistant non sans peine aux sensations de tension dans les jambes et plus tard dans la cage thoracique, sensations que je ne puis désigner autrement, qu'en disant qu'elles expriment une tendance vers des mouvements forcés à exécuter dans une direction opposée à la rotation ; la sensation de bourdonnement dans la tête, sous la voûte cranienne, avait fini par devenir également très pénible. Mais le vertige visuel ne survenait que quand je rouvrais les yeux et fixais la fente dans le volet. Toutes ces sensations devenaient d'une violence telle que j'étais obligé de me jeter sur une chaise et de m'y retenir, pour ne pas tomber. J'ai essayé, afin de vérifier l'affirmation connue de Helmholtz, de n'ouvrir les yeux que cinq à six secondes après avoir cessé la rotation : le vertige visuel était tout aussi violent. L'affirmation contraire de Helmholtz ne reposerait que sur une différence individuelle, car nulle part pareilles divergences individuelles ne sont aussi fréquentes que dans les auto-observations portant sur le vertige. C'est ainsi qu'Helmholtz a également observé qu'après la rotation autour de l'axe longitudinal les objets semblent continuer pendant quelque temps leur mouvement dans la direction dans laquelle on avait tourné ; or, on sait que la rotation apparente se fait généralement dans la direction opposée.

Il résulte en tout cas des phénomènes décrits dans ce chapitre, observés chez les pigeons et les lapins et conformés par

l'auto-observation, que le vertige visuel ne se produit que lorsque des impressions visuelles influencent la rétine soit pendant la rotation, soit après l'arrêt de celle-ci. Ce fait à lui tout seul suffit pour montrer que la conception des mouvements compensateurs qui auraient leur origine dans les canaux semi-circulaires, est inadmissible. Il nous oblige également à considérer le vertige visuel comme une conséquence particulière de la rotation, c'est-à-dire comme une conséquence *qui n'accompagne pas forcément le vertige cérébral* et ne doit pas être considéré comme identique à celui-ci. On sait depuis Purkinje que les plans de la rotation apparente pendant le vertige changent avec les déviations de la tête au cours des rotations. C'est le rapport régulier existant entre ces plans de rotation apparente et certaines attitudes de la tête qui a donné naissance à l'hypothèse séduisante suivant laquelle les déviations de la tête produiraient des illusions de rotation grâce à l'excitation des canaux semi-circulaires disposés dans les plans correspondants. On a abouti ainsi peu à peu à cette induction erronée que tous les phénomènes du vertige rotatoire se ramènent à pareille excitation et que les canaux semi-circulaires doivent être considérés comme l'organe des sensations de rotation et d'accélération (voir dans le chap. IV les expériences de Loeb, E. Lyon, etc.).

§ 7. — Mes expériences de rotation sur des enfants, des singes, des tortues, etc.

Mes expériences de rotation exposées dans les paragraphes précédents ont définitivement mis fin à la longue lutte au sujet de la véritable signification des sensations de rotation. Les résultats ont tous tourné au désavantage de l'erreur de Mach. Dans les paragraphes du chapitre suivant ayant trait à l'excitation électrique du labyrinthe et aux observations sur des sourds-muets, je produirai de nouveaux arguments contre l'hypothèse qui place dans les canaux semi-circulaires le siège de toutes les sensations de rotation et du vertige visuel et considère à tort les mouvements de la tête comme susceptibles d'exciter les terminaisons nerveuses du labyrinthe.

Devant l'impossibilité de trouver dans les écrits de mes adversaires la moindre preuve que le labyrinthe de l'oreille pourrait être mis en excitation par les changements des attitudes de la tête, j'ai cru nécessaire de rechercher de nouvelles méthodes d'expérimentation qui auraient pu fournir au moins quelques indications en faveur de cette déplorable hypothèse de Goltz. Toutes mes expériences de rotation exécutées jusqu'en 1899 avaient montré, au contraire, que les mouvements bulbaires en question dépendent en première ligne d'un acte psychique, notamment d'une certaine tendance des animaux à conserver leur image rétinienne.

Dans l'intention d'éclairer davantage cette question, j'ai entrepris une série d'expériences de rotation sur des singes, si agiles, sur des tortues indolentes et une autre série d'observations sur des nourrissons et sur des enfants plus grands pendant leur rotation sur un carrousel.

Le résultat de ces dernières observations s'est montré négatif. Pas plus que chez les adultes, on n'observe de déviations régulières de la tête chez les enfants qui tournent sur un carrousel[1].

Chez les enfants qui se rendent compte de la rotation qu'ils ont à exécuter et qui s'y exposent avec plaisir, on ne peut naturellement pas s'attendre à des *mouvements de défense*. On devrait donc, parmi les nombreux enfants que j'ai observés, en rencontrer qui présentent *la déviation* caractéristique *de la tête*, si cette déviation constituait réellement *un réflexe, ayant son point de départ dans les canaux semi-circulaires*. Or, je n'ai jamais observé de ces déviations de la tête, pas même chez les nourrissons, qu'on ne fait monter en carrousel qu'à cause de la nourrice, et *qui souvent dormaient* pendant que le carrousel tournait.

1. Qu'on ne se laisse pas tromper par l'attitude de la tête que les enfants adoptent au moment, où sur le carrousel ils approchent des anneaux qu'ils cherchent à saisir avec la lance tenue dans la main *droite*. Les carrousels tournent le plus souvent dans une direction opposée à celle de l'aiguille d'une montre : aussi les anneaux, pour être accessibles à la main droite, sont-ils placés *en dehors* du cercle. C'est pourquoi les enfants sont forcés *de fixer à droite*, c'est-à-dire adopter une attitude de la tête conforme à la loi que j'ai formulée et selon laquelle les animaux tournent, pendant la rotation, la tête dans une direction pareille.

Les singes placés sur le disque tournant et soumis à la rotation ne cessent pas de fixer l'observateur. Dans quelque direction que se fasse la rotation, ils cherchent à ne pas perdre de vue l'observateur ou le gardien. Aussi les mouvements de leur tête et de leurs yeux dépendent-ils entièrement de l'emplacement des personnes qui les entourent. Si la rotation est très rapide, ils appuient leurs pattes sur le disque ou leur corps contre la paroi. Un macaque a adopté dans ces circonstances une attitude tout à fait particulière : sa tête fortement appuyée contre la voûte en treillage de la machine tournante, il s'y cramponnait solidement avec les pattes de devant, me lançant des regards furibonds, toutes les fois que la rotation l'amenait vis-à-vis de moi.

Quant au nystagmus de la tête et des yeux, je n'en ai observé la moindre trace, chez les trois singes soumis aux expériences (dont deux babouins), ni au commencement ni à la fin de la rotation.

Il est aisé de comprendre, pourquoi les singes n'exécutent pas au début de la rotation la déviation de la tête qui ne manque jamais chez d'autres animaux : comme l'homme, ils se rendent compte de ce qui arrive et au lieu de chercher en vain à se maintenir en fixant l'image visuelle, ils adoptent des attitudes qui leur permettent d'échapper aux suites de la rotation involontaire. Si le treillage en fil de fer n'était pas là pour protéger l'observateur, *les mouvements de défense* des singes consisteraient certainement en une attaque contre lui. Aussi concentrent-ils leur fureur dans l'expression de leurs regards.

Mais il est beaucoup plus difficile d'expliquer pourquoi on n'observe chez eux ni nystagmus des yeux *ni mouvements forcés,* même dans les rotations les plus rapides. La supposition qu'ils évitent le nystagmus des yeux grâce à la fixation tendue des globes oculaires, se soutient à peine. Il est beaucoup plus vraisemblable que les singes, très mobiles et habitués à toutes les attitudes possibles, résistent au vertige plus que les autres animaux.

Les expériences de rotation sur les tortues, beaucoup moins mobiles, ont donné des résultats encore plus instructifs. Dès le

début de la rotation lente, la tête de l'animal placée en dehors présentait la déviation habituelle, à gauche, si la rotation se faisait dans le sens de l'aiguille d'une montre, à droite dans le cas contraire. *Si au contraire la rotation commençait à un moment où la tête de la tortue était retirée dans la carapace, la tête conservait son attitude, sans présenter la moindre déviation à droite ou à gauche.* Dans ce dernier cas, il n'y avait pas déplacement des images rétiniennes et l'animal ne tournait pas la tête. Les tortues se trouvaient à peu près dans les mêmes conditions que les grenouilles, qui, dans les expériences de rotation, étaient fixées sur le dos.

En dehors de la tendance à maintenir l'image rétinienne et de l'inertie de la tête, il intervient dans ses déviations de la tête encore un deuxième facteur : *la défense instinctive* de l'animal exposé, contre son attente et contre sa volonté, à un mouvement inaccoutumé. Une déviation de la tête très faible se produit chez la tortue même quand on la fait tourner dans l'obscurité ; elle est suivie d'une série d'autres *mouvements de défense,* lorsque la rotation devient un peu plus rapide. Lorsque l'animal pris de vertige ne peut plus diriger ses mouvements, on voit apparaître *des mouvements forcés.*

Cette interprétation est justifiée par une autre observation qui a été faite également au cours d'expériences de rotation sur des tortues. Un lapin est placé pour la première fois sur le disque tournant où se trouvait déjà une tortue. Aussitôt le lapin courut-il vers l'animal inconnu, lui posa ses pattes de devant sur le dos et le flaira de tous côtés. A ce moment on commença à tourner lentement le disque ; *aussitôt la déviation de la tête apparut chez la tortue, mais pas chez le lapin,* chez lequel elle ne manque pourtant jamais. L'attention du lapin était complètement accaparée par l'animal d'un aspect bizarre ; aussi ne s'est-il pas aperçu du mouvement inaccoutumé et n'a pas exécuté le mouvement de défense habituel. Si ce dernier était un acte purement réflexe, il aurait dû se produire nécessairement. Vouloir se tirer d'affaire en disant que l'acte réflexe s'est trouvé annihilé dans ce cas par ce fait, que le sensorium était occupé ailleurs, revient au fond à affirmer la même chose.

D'une façon générale, ces nouvelles expériences de rotation n'ont donc fait que confirmer l'interprétation que j'ai donnée plus haut concernant les déviations de la tête et les mouvements nystagmiques des yeux pendant la rotation des animaux sur le disque tournant. Pas plus que les précédentes, ces nouvelles expériences n'ont fourni le moindre indice d'une excitation du labyrinthe de l'oreille par les déplacements de la tête.

L'inutilité d'un sens spécial pour les sensations de rotation ou pour la production du vertige est si évidente par elle-même, qu'on a de la peine à comprendre comment ce sens — pour ne pas dire ce contresens — a pu trouver tant d'adeptes.

CHAPITRE III

DÉVELOPPEMENT ET ÉLABORATION DE LA THÉORIE DU SENS DE L'ESPACE

§ 1. — Introduction. Mon premier exposé de la théorie du sens de l'espace.

Nous abordons maintenant la discussion des nombreux faits exposés dans les deux chapitres précédents.

Mes expériences instituées en 1872-73 m'ont conduit forcément à la conclusion que les fonctions des canaux semi-circulaires sont en rapport fonctionnel avec notre concept de l'espace ; chaque canal a une relation déterminée avec une des trois dimensions de l'espace.

Les principales raisons de ces conclusions étaient : 1° la disposition anatomique des canaux ; 2° la régularité absolue avec laquelle l'excitation de chaque canal produit des mouvements de la tête et du corps dans un plan parallèle à celui du canal ; 3° l'influence que les positions anormales de la tête exercent sur l'orientation et sur l'équilibre du corps ; 4° enfin la probabilité que cette dernière influence est due aux troubles des sensations visuelles.

A cette époque, je ne possédais pas encore de preuves directes en faveur de l'existence de relations physiologiques entre les canaux semi-circulaires et les centres d'innervation de l'appareil oculo-moteur. Ce n'est que la découverte des effets constants des excitations de chacun des canaux sur le choix des axes, dans lesquels s'accomplissent les mouvements des bulbes oculaires qui a permis une analyse plus profonde du mécanisme fonctionnel de ces canaux.

Cette découverte, qu'Yves Delage considère avec raison

comme la plus importante de mes premières séries d'expériences, m'a permis de remettre à Claude Bernard, dans le laboratoire duquel les dernières expériences ont été complétées, un mémoire pour l'Académie des Sciences avec l'exposé des bases de ma théorie de l'espace[1]. Nous reproduirons ici les propositions les plus importantes de cette communication :

1° Les canaux semi-circulaires forment l'organe périphérique du sens de l'espace; les excitations des terminaisons nerveuses dans les ampoules de ces canaux provoquent des sensations qui nous permettent l'orientation dans les trois directions de l'espace ; la sensation de chaque canal correspond à l'une des directions cardinales de l'espace.

2° A l'aide de ces sensations de direction, il se forme dans notre cerveau la représentation d'un espace idéal à trois dimensions, sur lequel sont projetés toutes les perceptions de nos autres sens relatives à la distribution des objets qui nous entourent, ainsi qu'à la position de notre propre corps dans l'espace.

3° L'existence d'un organe spécial pour le sens de l'espace simplifie au plus haut degré la question litigieuse qui divise les partisans des deux théories de la vision binoculaire : la théorie empiriste défendue par Helmholtz et la théorie nativiste préconisée par J. Müller, Hering et autres. Elle fournit un terrain neutre sur lequel on peut réconcilier les deux manières de voir opposées.

4° La huitième paire de nerfs craniens renferme ainsi deux nerfs sensoriels totalement différents : le nerf acoustique

1. Par un pieux souvenir envers ce physiologiste de génie, j'ajoute encore ceci : le 31 décembre 1877, j'ai apporté à Claude Bernard ma notice *Les organes périphériques du sens de l'espace*. J'ai trouvé le célèbre savant très souffrant. Il accepta la notice, pour l'envoyer à l'Académie, et s'informa de la marche de mes recherches et de leurs résultats. Avec cette intuition vraiment géniale, qui lui était particulière, et qui lui permettait de saisir presque instantanément ce qu'il y avait de juste dans les problèmes physiologiques complexes, il reconnut aussitôt la véritable portée de ma théorie du sens de l'espace. Il trouva la communication assez importante, pour la lire *personnellement* à l'Académie, et se rendit à la séance. Ce fut sa dernière sortie et sa dernière communication académique : le 10 février 1878, nous avons eu la douleur de conduire ce génie incomparable à sa dernière demeure, au Père-Lachaise.

(n. cochléaire) et le nerf de l'espace (n. spatial ou vestibulaire).

5° Grâce aux excitations reçues par ce dernier nerf, l'organe central du sens de l'espace règle la distribution et l'intensité des forces d'innervation que doivent recevoir les muscles des globes oculaires et du reste du corps, pendant leur orientation dans les trois directions principales de l'espace.

6° Les troubles qui se manifestent à la suite d'un arrêt de fonctionnement des canaux semi-circulaires doivent être attribués : *a*) à un vertige visuel particulier que provoque un défaut de concordance entre l'espace visuel et l'espace idéal qui vient d'être mentionné ; *b*) à la confusion qui en résulte dans nos représentations spatiales relatives à la position de notre corps dans l'espace et à ses rapports avec les objets visibles ; *c*) aux anomalies dans la distribution des forces d'innervation dans les muscles mentionnés. Nous allons reproduire maintenant, d'après notre travail complet de l'année 1878, le développement de chacune de ces propositions.

§ 2. — Théories nativiste et empiriste de la vision binoculaire.

Les résultats de mes expériences nouvelles et les preuves si éclatantes qu'ils ont fournies de l'existence de rapports rigoureux entre les canaux semi-circulaires et l'appareil oculo-moteur étaient d'une grande portée. Outre la satisfaction scientifique de voir ainsi se confirmer ma théorie, j'ai pu entrevoir dès lors la possibilité de pénétrer plus loin dans le mécanisme par lequel les canaux semi-circulaires prennent part à la formation de nos notions sur l'espace.

Étant donné, d'une part, que nos représentations touchant la disposition des objets dans l'espace dépendent, selon Helmholtz, de l'intensité d'innervations et de contractions des muscles oculo-moteurs ; d'autre part que toute excitation des canaux semi-circulaires, domine et règle ces contractions et ces innervations, il est incontestable *que les centres nerveux auxquels aboutissent les fibres nerveuses des canaux sont en relation physiologique intime avec les*

centres oculo-moteurs et que, par conséquent, leur excitation doit intervenir, d'une manière déterminante dans la formation de nos représentations spatiales (1878).

« Cette conclusion imposée par les faits, ajoutai-je, n'est au fond que la simple expression des faits mêmes », elle m'a permis l'élaboration ultérieure de ma théorie du fonctionnement des canaux semi-circulaires, telle qu'elle a été exposée en 1878.

En abordant à mon tour cette question, je n'avais à m'occuper que du côté purement physiologique. En effet la découverte d'un organe spécial pour l'orientation des animaux devait modifier les théories physiologiques actuellement admises dans l'espèce.

Deux théories principales sur la formation du concept de l'espace partageaient alors les physiologistes en deux camps distincts ; la théorie *nativiste* et la théorie *empiriste*.

La première comptait, parmi ses plus illustres représentants, Kant et J. Muller. Elle a été soutenue d'une façon particulièrement brillante par Hering.

La seconde a été élevée par Helmholtz à la hauteur d'une théorie scientifique complète.

« La proposition fondamentale de la théorie empiriste, dit Helmholtz, est que les sensations sont, pour notre conscience, des signes dont l'interprétation est livrée à notre intelligence. En ce qui concerne les signes fournis par la vision, ils diffèrent en intensité et en qualité, c'est-à-dire en lumière et en couleur, et doivent présenter de plus une troisième différence, dépendant de la partie qui est excitée sur la rétine et qui porte le nom de *signe local*. Les signes locaux des sensations de l'œil droit sont généralement différents de ceux des points correspondants de l'œil gauche... Nous sentons en outre, le degré d'innervation que nous transmettons aux nerfs des muscles oculaires. Les notions d'étendue et de mouvement ne dépendent pas nécessairement de ces perceptions visuelles, ou tout au moins elles n'en dépendent pas uniquement, puisque

1. Les modifications que l'existence d'un organe périphérique du sens de l'espace doit apporter dans nos idées philosophiques ont été amplement traitées par moi ailleurs (voir Préface).

les aveugles-nés les acquièrent avec une grande précision par le sens du toucher; nous pouvons donc, pour notre objet, les considérer comme préalablement données. »

D'après Helmholtz, la forme de la rétine, la position et la régularité de l'image, pourvu que celle-ci soit nettement limitée, sont pour la théorie empiriste choses absolument indifférentes. Cette théorie ne s'inquiète que de la projection de la rétine en dehors par les milieux optiques. La position que présentent les objets par rapport à notre corps, serait appréciée à l'aide du sentiment d'innervation des nerfs oculaires, mais elle est contrôlée à chaque instant d'après le résultat, c'est-à-dire d'après le déplacement que les innervations impriment aux images. Les représentations relatives à la disposition des objets dans l'espace ne se formeraient donc pas directement, mais à l'aide d'un jugement et d'une association d'idées basés sur l'expérience et sur l'habitude.

Toute autre est la manière de voir des nativistes. « En ce qui concerne les différentes théories nativistes, dit Helmhotlz, leur point fondamental consiste en ce qu'elles attribuent la localisation des impressions dans le champ visuel à une disposition innée, soit que l'on ait une connaissance directe des dimensions de la rétine, soit que l'excitation des fibres nerveuses déterminées donne lieu à certaines représentations d'espace en vertu d'un mécanisme préétabli et impossible à définir avec plus de précision. C'est surtout J. Muller qui a développé cette théorie sous sa première forme. Il dit : « L'idée d'espace ne peut pas être un produit d'éducation; l'intuition du temps et de l'espace constitue plutôt une prémisse nécessaire, une forme d'intuition pour toutes les sensations. Toute sensation est éprouvée sous cette forme d'intuition. Mais quant à ce qui remplit l'espace, nous ne sentons rien autre que nous-même dans l'espace, quand nous parlons de sensation ou de sens; et si nous faisons une distinction entre nous-même et l'espace rempli d'objets, c'est parce que des parties spatiales de nous-même se trouvent en état d'affection, avec la conscience concomitante de la cause extérieure de l'excitation sensorielle. Dans chaque champ visuel, la rétine se voit elle-même dans son étendue spatiale et à l'état d'affection ;

lorsque nous gardons le repos le plus absolu et que les yeux sont fermés, elle se perçoit à l'état obscur dans l'espace. » Cette théorie, en admettant que la localisation spéciale de chaque impression est donnée par une intuition immédiate, n'est qu'une extension de l'opinion de Kant, d'après laquelle l'espace et le temps sont des formes de nos intuitions.

L'insuffisance des deux hypothèses, l'empiriste et nativiste fut admirablement exposée dans une remarquable étude de Lotze. « Sur la formation de la notion de l'espace », publiée dans la *Revue Philosophique* en 1877 (n° 10).

Nous reproduisons cet exposé lumineux, qui exprime en partie notre propre manière de poser le problème.

« Comment se fait-il donc que, pour localiser les sensations η et $\varkappa$, l'âme soit déterminée par la seule addition des signes α ou ε qui ne sont pas moins étrangers eux-mêmes à toute notion de lieu? Que l'addition de ces signes nous force à distinguer η et $\varkappa$, nous le comprenons ; mais qu'elle nous force à les distinguer dans l'espace, comment l'admettre? Il semble qu'on ne le puisse en effet; mais ce n'est pas une raison pour regarder notre hypothèse comme inutile ou infructueuse. On se tromperait grossièrement au contraire si l'on voulait qu'il en fût autrement, que les signes α et ε fussent de nature à nous forcer de distinguer dans l'espace les sensations η et $\varkappa$.

« Il y a, en effet, deux questions qu'il ne faut pas confondre. L'une est de savoir pourquoi l'âme arrange la multitude de ses sensations dans ce cadre de relations géométriques et non dans tel ou tel ordre tout différent, mais dont, par suite de cette habitude merveilleuse d'intuition géométrique, nous n'avons pas la moindre idée.

« L'autre question, supposant comme données, dans la nature de l'âme et la faculté et la détermination de cette disposition des sensations, est simplement de savoir comment fait l'âme pour assigner dans cette intuition de l'espace qui lui est nécessaire, à chacune de ces sensations sa place déterminée, en correspondance avec l'objet qui en est la cause. C'est à cette seconde question seulement que nous prétendons répondre par notre *théorie des signes locaux* et, loin de vouloir satisfaire à la première, nous condamnons comme impossible toute

tentative de répondre à ce problème insoluble. Non seulement ce n'est pas un problème de psychologie physiologique, mais encore tous les efforts que la spéculation philosophique pourrait faire pour en donner la solution demeureraient stériles, comme ils l'ont été jusqu'à ce jour. On connaît, sous le nom de déduction de l'espace, ces entreprises téméraires qui, à l'aide d'une dialectique mystérieuse, se flattent de construire l'espace avec ce qui n'est pas l'espace. Elles ont toutes échoué : ce n'est, en effet, que par des pétitions de principe qu'elles introduisent subrepticement la notion de l'étendue, en prétendant l'avoir créée de toutes pièces. »

J'ai montré ailleurs[1] que les nouvelles modifications que Wundt et autres ont fait subir à la théorie empiriste ne sont pas de nature à écarter les objections exposées ici. Au contraire, l'importante critique de Wundt peut avec tout autant de raison être retournée contre sa propre théorie des signes locaux *complexes;* les difficultés restent donc les mêmes.

§ 3. — Le premier essai de conciliation entre les deux théories, à l'aide des sensations de direction des canaux semi-circulaires (1878).

Ces difficultés disparaissent *si on admet que nous possédons un organe de sens spécialement destiné à nous envoyer des sensations qui servent à former la notion d'un espace à trois dimensions.*

Cet organe, nous le plaçons, d'après nos expériences, dans le système des canaux semi-circulaires. Les objections présentées plus haut quant à la possibilité de placer ces sensations dans les fibres nerveuses, qui servent en même temps à percevoir les impressions lumineuses, n'existent plus ici. En effet, s'il nous est impossible d'admettre qu'une *seule* fibre nerveuse puisse nous donner la représentation de l'étendue, nous pouvons par contre très bien comprendre comment toute une série de fibres disposées dans une des directions de l'es-

1. E. de Cyon : *Das Ohrlabyrinth*, etc. chap. VI, ou *Dieu et Science*, chap. I.

pace nous communiquent, lorsqu'elles sont excitées, des sensations d'une étendue ayant la même direction.

D'autre part, la lacune que nous avons signalée dans la théorie empiriste disparaît à la suite de la constatation d'un organe spécial pour le sens de l'espace. La disposition des canaux dans trois plans perpendiculaires les uns aux autres se prête à merveille à une pareille fonction. Nous pouvons très bien nous figurer comment les sensations d'étendue dans trois plans, dont la disposition, chez tous les vertébrés, répond exactement aux trois coordonnées de l'espace, peuvent être utilisées par notre intelligence pour la construction d'un concept de l'espace. Je dirai plus : aucun autre sens ne présente une relation aussi facile à saisir entre la représentation et la sensation, que le sens de l'espace, d'après ma manière de vóir. Cette partie de la question, que M. Lotze pose comme insoluble par la voie psycho-physiologique, reçoit ainsi une solution tout à fait satisfaisante. *Les sensations visuelles et les sensations des mouvements peuvent très bien, à l'aide des signes locaux, être projetées sur un espace à trois dimensions, du moment qu'il existe un organe spécialement destiné à nous fournir la représentation d'un système des coordonnés de Descartes*[1].

La théorie empiriste reçoit, de cette manière, une nouvelle extension, vu que la notion de l'espace cesse d'être une forme préexistante de notre intuition, mais devient, comme les notions des couleurs, des sons, etc., une acquisition de notre intelligence due aux sensations spéciales d'un organe de sens périphérique.

Nous comprenons à présent pourquoi c'est justement un espace à trois dimensions qui sert de base à notre géométrie euclidienne. Les axiomes géométriques nous apparaissent ainsi comme nous étant imposés par les limites de nos organes des sens[1].

En un mot, l'existence d'un organe de sens de l'espace permet de résoudre les questions en litige entre la théorie empiriste et la théorie nativiste. La seconde de ces théories est pleinement en droit d'admettre que le concept d'un espace

1. Voir *Dieu et Science*, chap. I et chap. III, § 11.

à trois dimensions nous est fourni par l'excitation des fibres nerveuses, auxquelles nous devons les sensations de direction. D'un autre côté, la théorie empiriste a raison en attribuant aux sensations de direction des canaux semi-circulaires nos représentations sur la forme des objets extérieurs et sur leur disposition dans l'espace. L'espace idéal à trois dimensions, dont le concept se forme à l'aide des sensations que nous recevons des trois canaux semi-circulaires, sert naturellement aussi bien à la détermination de la disposition des objets dans le monde extérieur, à l'aide de notre sens de toucher.

§ 4. — **Ma théorie du vertige visuel (1878).**

Les nombreuses recherches expérimentales sur le vertige rotatoire qui ont été communiquées dans le chapitre précédent montrent de la façon la plus évidente que la tentavive de Mach, Breuer et autres d'envisager ce vertige comme une fonction des canaux semi-circulaires excités par le mouvement de l'endolymphe au cours des rotations de la tête, a complètement échoué. Les conclusions de Purkinje sur l'origine du vertige rotatoire se sont montrées comme ayant une portée valable encore à présent.

Ainsi que je l'avais déjà soupçonné dans ma première communication de l'année 1873, certains troubles moteurs qui se manifestent pendant les déplacements de la tête, dépendent en première ligne du vertige visuel. D'un autre côté, l'action régulière que l'excitation des canaux semi-circulaires exerce sur l'appareil oculo-moteur et qui se manifeste par ce fait que toute excitation d'un canal semi-circulaire provoque des contractions rythmiques ou tétaniques des globes oculaires, — et cela dans le plan du canal excité, — cette action, disons-nous, a montré que le système des canaux semi-circulaires doit jouer un grand rôle dans la production du vertige visuel. Quelle est la nature de ces rapports, ou, en d'autres termes, quelle est la relation qui existe entre l'organe du sens de l'espace et les sensations visuelles ? La connaissance d'un organe destiné à la perception des trois directions de l'espace modifie entièrement la théorie de la vision bino-

culaire, ainsi que celle de la localisation de nos impressions visuelles. Mais il m'a paru indiqué tout d'abord de trouver une réponse précise à la question qui vient d'être posée. Je reproduirai ici les premières observations qui m'ont permis, dès l'année 1878, de me faire une idée exacte de ces rapports.

Lorsque, après quelques mouvements de rotation autour de l'axe longitudinal de notre corps, comme par exemple en valsant, nous nous arrêtons subitement, nous *éprouvons une sensation de vertige dans lequel tout l'espace nous paraît tourner dans un autre espace imaginaire et en sens opposé à la direction du mouvement de notre corps*. Toute personne qui voudra analyser le caractère de sa sensation de vertige dans les conditions indiquées reconnaîtra facilement la parfaite exactitude de cette définition. La raison de ce fait est facile à donner. Quelle que soit la nature des troubles provoqués par la rotation de notre corps, il est évident qu'une fois bouleversés, les rapports normaux entre les impressions reçues par l'appareil visuel et les notions fournies par les canaux semi-circulaires, il se produira une impossibilité passagère de mettre d'accord l'espace vu avec l'espace idéal, constamment présent à notre esprit.

L'observation suivante permet d'illustrer sur un exemple concret la manière de voir qui vient d'être formulée. Lorsqu'on exécute quelques mouvements passifs ou actifs autour de l'axe vertical de son corps et qu'on produit en même temps un phosphène, on constate que celui-ci prend part à la rotation, quand même on maintiendrait l'œil dans l'impossibilité d'exécuter un mouvement. Dans cette expérience, l'œil étant resté immobile, le mouvement apparent du phosphène doit avoir une autre origine qu'un déplacement de la rétine.

En répétant souvent les expériences se rapportant à cette question, j'ai constaté avant tout que le mouvement des globes oculaires se produit seulement, quand la rotation du corps est lente, et cela uniquement au début de cette rotation. Si la rotation du corps est plus rapide et exécutée plusieurs fois de suite, je peux me convaincre, en appuyant le doigt sur l'œil, que les globes oculaires restent immobiles. Si, dans ces circonstances, je produis chez moi un phosphène,

je le vois toujours se mouvoir avec moi aussi longtemps que je suis en mouvement moi-même ; quand je m'arrête brusquement, le phosphène continue un instant le même mouvement, puis exécute un déplacement en sens inverse, avant de devenir immobile et de disparaître. Contrairement à l'opinion de plusieurs auteurs qui affirment que le vertige visuel s'affaiblit, sinon disparaît complètement, quand on fixe subitement un objet quelconque, par exemple le doigt placé à une petite distance de l'œil, j'ai toujours observé le phénomène inverse. Chez moi, tous les symptômes du vertige augmentent du fait d'une pareille fixation.

Je citerai encore deux exemples de vertige, dans lesquels les mouvements des muscles du globe oculaire servent tantôt à en diminuer, tantôt à en augmenter l'effet. C'est un fait connu que le vertige produit par l'intoxication alcoolique augmente, quand on ferme les yeux et qu'au contraire, l'occlusion des paupières diminue le vertige qui accompagne le mal de mer. Dans les deux cas, on éprouve la sensation de rotation du cerveau, ainsi que la sensation du mouvement des objets qui paraissent tourner autour de nous. L'effet contraire, produit par l'occlusion des yeux, s'explique de la manière suivante : l'homme ivre, aussi longtemps qu'il a les yeux ouverts, peut lutter contre son vertige, en fixant autour de lui des objets qui, en réalité, *sont immobiles*.

Chez une personne atteinte du mal de mer, les yeux ouverts n'ont devant eux que des *objets mobiles* changeant continuellement de position : les sensations d'innervation musculaire ajouteront donc au trouble de ses perceptions, parce qu'elle n'a aucun moyen de déterminer la direction de la verticale. Dans le mal de mer, le vertige est donc produit par deux causes : par le mouvement continuel des objets dans le champ visuel et par les déplacements que subit le cerveau du malade, et avec lui *les centres des nerfs ampullaires*.

Supposons qu'un homme disposé au vertige se trouve sur un navire dans une position telle que les mouvements de celui-ci ne l'atteignent pas ; il n'en serait pas moins pris de vertige, en regardant autour de lui les objets qui se trouvent dans un mouvement continuel, de même que nous éprouvons

du vertige en regardant fixement d'un pont, l'eau couler avec une grande vitesse. Aussi bien dans ce cas que dans le mal de mer, on élimine une des causes du vertige en fermant les yeux. Un sourd-muet, dépourvu d'un système de canaux semi-circulaires susceptible de fonctionner, *ne doit pas être atteint du mal de mer*. Cette déduction émise par moi il y a plus de trente années a depuis été confirmée par de nombreuses observations.

Par contre, le vertige produit par la rotation du corps augmente lorsqu'on ferme les yeux et même, comme nous l'avons déjà dit, lorsqu'on se met brusquement à fixer un objet situé tout près des yeux. De même un malade atteint de vertige par cause centrale, par exemple à la suite d'une affection du cervelet, se trouve d'habitude plus à son aise lorsqu'il a les yeux ouverts. Mais qu'on le place par exemple à Laufen, au-dessus des chutes du Rhin, et immédiatement son vertige augmentera d'une façon considérable, s'il ne ferme pas les yeux ou s'il ne fixe pas, avec les yeux, un objet immobile quelconque.

Les exemples multiples que nous venons de citer sont destinés à montrer que l'illusion d'un mouvement apparent doit se produire toutes les fois qu'il y a désaccord entre notre perception et notre représentation de notre espace idéal. Que ce désaccord soit produit par un nystagmus subit, par des mouvements passifs des globes oculaires, au début des paralysies des muscles bulbaires, par des perturbations mécaniques dans le cerveau (comme pendant la rotation prolongée de notre corps autour de son axe longitudinal) ou enfin par des lésions des canaux semi-circulaires, le résultat sera toujours le même : nous verrons du mouvement là où en réalité il n'y a que du repos.

Pour rendre bien claire ma manière d'envisager le mécanisme du vertige, je m'étais servi de l'image suivante qui, tout en étant trop schématique, pourra pourtant mieux faire saisir mon idée :

« Supposons un système de coordonnées représentant les trois dimensions de l'espace. Sur ce système, nous transportons un dessin qui représente l'espace vu, c'est-à-dire l'image

de notre champ visuel. Chaque fois que ce dessin changera sa position par rapport à ce système de coordonnées, nous éprouverons la sensation du mouvement, que ce changement se soit produit par un véritable mouvement de l'espace extérieur ou seulement par un mouvement passif de la rétine, l'effet sera le même : nous verrons les objets se mouvoir. Quand le mouvement de la rétine est produit par les contractions musculaires volontaires, les sensations d'innervation de ces muscles nous préservent d'une illusion, en nous avertissant que le déplacement du dessin est produit par nous-même ».

Il est évident que les mêmes sensations de mouvement doivent se produire quand c'est le système de coordonnées qui change sa position par rapport à l'image. Dans les cas qui nous intéressent, ce déplacement du système de coordonnées peut se produire soit à la suite de troubles cérébraux (vertige par rotation), soit à la suite de perturbations dans les sensations des canaux semi-circulaires, à l'aide desquelles se construit le système de coordonnées.

On comprendra sans aucune difficulté que, dans ce dernier cas, les sensations de vertige ou de mouvements illusoires seront bien plus violentes que dans les autres cas. Elles seront en outre plus persistantes, parce qu'elles dureront jusqu'à ce que les excitations extérieures qui les produisent aient cessé. Les mouvements des globes oculaires seraient à peine capables de diminuer les symptômes du vertige. Il est également facile de se rendre compte des changements de direction du mouvement apparent pendant les différentes phases du vertige.

La plupart des auteurs qui ont expérimenté sur les canaux semi-circulaires ont eu l'occasion de faire une observation qui est pleine d'intérêt pour la théorie du vertige visuel, telle que je viens de la développer. Dès que le pigeon, dont on a sectionné les canaux semi-circulaires, réussit à pouvoir marcher sans difficulté, il va se réfugier dans quelque coin obscur où il reste immobile, à moins qu'une cause étrangère le force à abandonner sa retraite. A première vue, on pourrait supposer que l'animal, dont la faculté de se maintenir en équilibre est profondément troublée, ne cherche qu'un point d'appui

contre le mur. Il est facile de se convaincre qu'il n'en est pas ainsi : au lieu de s'appuyer contre le mur, le pigeon se contente de diriger la tête vers le coin obscur et de rester dans cette position. Si une pièce plus sombre se trouve dans le voisinage de celle dans laquelle l'opération a été faite, on peut être sûr que le pigeon préférera s'y installer.

La même prédilection se manifeste chez les lapins ayant les canaux sectionnés, dès qu'ils ont recouvré la faculté de changer de place. Souvent même on trouve les lapins non seulement dans un coin sombre, mais s'y tenant en outre les yeux fermés. Quand aussitôt après avoir pratiqué une opération sur les canaux, on ferme aux pigeons les yeux à l'aide d'un petit bonnet, on les voit rester sur place immobiles, ou, lorsqu'ils se déplacent, ils ne manifestent pas la moindre tendance à chercher un coin ou l'appui d'un mur.

Je citerai enfin un exemple important qui montre à quel point les troubles moteurs observés à la suite de la section des canaux semi-circulaires sont intimement liés aux représentations inexactes de l'espace ou, pour m'exprimer mieux, en désaccord entre l'espace vu et celui qui est construit à l'aide des sensations provenant de ces canaux. Plusieurs observateurs ont confirmé ce phénomène observé par moi que les pigeons dont les canaux ont été lésés (surtout lorsque l'opération a détruit tous les canaux des deux côtés ou, plus rarement, lorsque la destruction n'a été qu'unilatérale) ne peuvent maintenir leur équilibre qu'en renversant complètement leur tête, c'est-à-dire en lui donnant une position telle que le bec regarde en haut et l'occiput en bas. Dans cette attitude de la tête, l'œil droit se trouve à gauche, l'œil gauche à droite les parties supérieures de la rétine sont devenues inférieures et ainsi de suite (planche I, fig. 1 et 6). Dès que le pigeon a réussi à redevenir dans une certaine mesure maître de ses mouvements, il choisit cette attitude qu'il garde jusqu'à ce qu'une impulsion extérieure le force à l'abandonner. Il suffit de remettre sa tête dans l'attitude normale pour provoquer instantanément un accès de mouvements involontaires.

Cette observation présente *une importance capitale pour ma théorie des fonctions des canaux semi-circulaires :*

parmi tant d'autres preuves expérimentales, elle nous fournit en effet la démonstration la plus éclatante, parce que la plus concrète, de l'important rôle physiologique du système de coordonnées idéal, à savoir que ce système nous permet de transformer nos images négatives en positives. Des expériences qui s'y rapportent, je ne rappellerai que celles communiquées en détail au premier chapitre, comme par exemple la désorientation complète des pigeons à la suite de l'application de verres prismatiques, ainsi que pendant les rotations artificielles de la tête de ces animaux et le rétablissement de l'équilibre de la façon indiquée plus haut (chap. I, § 3). Les troubles moteurs qui se produisent chez les chiens à la suite de la section des muscles de la nuque appartiennent également à cette catégorie de phénomènes. En ce qui concerne la signification physiologique de la transformation des images rétiniennes, nous y reviendrons au chapitre V, § 13, à l'occasion de l'interprétation des expériences sur les erreurs de direction. Nous ne communiquerons ici que quelques données expérimentales susceptibles de mettre encore davantage en relief le véritable rôle des attitudes de la tête dans le vertige visuel. A ce propos, nous devons rappeler encore une fois que chez les animaux on ne reconnaît le vertige visuel que d'après *les troubles moteurs* qui, chez l'homme, sont accompagnés de ce vertige.

Dans certains cas où la tête demeure immobile, le vertige n'est provoqué que par les troubles ayant leur siège dans le labyrinthe de l'oreille. Ce vertige devient plus intense, lorsqu'il s'y ajoute un vertige visuel produit par les mouvements oscillatoires de la tête et des yeux. De l'ensemble des observations sur les lésions des canaux semi-circulaires chez différents animaux résulte encore un autre fait d'une grande portée pour la théorie de leurs fonctions. Les suites de ces lésions diffèrent notablement d'un animal à l'autre : chez les pigeons les troubles se concentrent principalement dans les muscles de la tête, tandis que chez la grenouille, le tronc est la partie exclusivement atteinte; chez le lapin, au contraire, les muscles des globes oculaires sont les premiers attaqués. Or, à l'état normal, l'extrême mobilité de la tête du pigeon

constitue son principal moyen d'orientation; l'appareil oculo-moteur est très peu développé chez lui. Les grenouilles, grâce à l'immobilité à peu près complète de leur tête et à la disposition particulière de leurs yeux, en sont réduites à ne pouvoir s'orienter qu'en déplaçant l'ensemble de leur corps, tandis que les lapins, qui possèdent un appareil oculo-moteur très complet, s'orientent principalement à l'aide des mouvements de leurs globes oculaires. Nous constatons ainsi ce phénomène remarquable que les troubles produits par les opérations exécutées sur les canaux semi-circulaires se manifestent justement dans *les groupes musculaires qui servent pour l'orientation dans l'espace.*

On peut en outre constater chez les lapins opérés que lorsque leur corps et leur tête sont libres, les mouvements oscillatoires des yeux deviennent beaucoup moins intenses; comme il suffit d'immobiliser leur tête pour faire apparaître par voie réflexe des mouvements oscillatoire des globes oculaires.

On peut observer le même phénomène chez les pigeons, dans les cas, rares d'ailleurs, où le nystagmus survient à la suite d'une lésion des canaux. Ce nystagmus est particulièrement prononcé lorsque la tête est immobilisée; il devient plus faible, souvent jusqu'à disparaître complètement, lorsqu'on rend à la tête sa liberté.

La théorie du vertige visuel, telle qu'elle vient d'être exposée, présente la plus grande importance pour la théorie du sens de l'espace, parce que son développement ultérieur a permis de former un concept plus précis de la nature des sensations produites par l'excitation des canaux semi-circulaires. A ce point de vue, il importe de constater la parfaite concordance entre ma conception de nos représentations spatiales, et celle que Purkinje avait déjà formulée autrefois, avec une si grande clarté. Nous reproduisons d'après Aubert, les communications originales de Purkinje sur les mouvements apparents et sur le vertige, telles qu'elles furent publiées dans le supplément de *Breslauer Zeitung*, en 1825. Nous n'en citerons que les passages qui concordent exactement avec notre conception des représentations spatiales. Tout d'abord

Purkinje distingue, d'un côté, « les vrais mouvements, aussi bien chez le sujet organique qu'en dehors de lui, *dans la mesure où ces mouvements se rapportent à des changements de place que la matière* ou certaines quantités de matière *subissent dans l'espace réel : et d'un autre côté les mouvements apparents qui s'accomplissent principalement dans l'espace idéal et sont transportés sur l'objet.* Il indique ensuite la méthode qu'on doit appliquer pour faire abstraction de l'intuition objective et se replacer dans l'espace purement subjectif; et il a comparé ce mode d'intuition à celui auquel est soumis l'aveugle-né opéré de la cataracte, avant qu'il arrive à s'orienter par un exercice progressif dans l'espace objectif ». Purkinje distinguait ainsi, comme je l'ai fait plus tard, un espace idéal (subjectif) de l'espace réel (objectif). Abordant alors les principaux phénomènes des mouvements apparents des objets visibles, il dit : « *On admet en vue de leur explication un sens général de l'espace qui domine tous les sens scientifiques et dans lequel viennent se ranger leurs impressions et intuitions particulières* ». Ceci s'accorde presque mot pour mot avec ma définition citée plus haut des rapports entre notre « représentation d'un espace idéal » et « toutes nos autres impressions sensorielles ». Nous sommes plus d'une fois revenu ici sur l'explication du vertige visuel par un « désaccord entre nos perceptions sensibles et notre représentation de l'espace idéal ». Nous avons à cette occasion cité plusieurs exemples destinés à montrer les causes susceptibles de faire naître ce désaccord : nystagmus survenant subitement, mouvements passifs des globes oculaires, perturbations mécaniques à l'intérieur de la substance cérébrale (dans la rotation), lésions des canaux semi-circulaires et autres cas. Purkinje cite aussi plusieurs exemples analogues et explique exactement de la même façon la production du vertige: « 1° Si, au contraire, l'œil se déplace rapidement au-dessus des masses, au point que la sensation ne peut pas suivre le mouvement, cette compensation *entre le mouvement subjectif et l'activité localisatrice du sens de l'espace* peut ne pas se produire et on transporte alors le mouvement apparent dans le monde objectif; 2° ceci se pro-

duit surtout lorsque l'œil subit un mouvement involontaire, comme par exemple dans le vertige. (Suivent les auto-observations de Purkinje faites sur la chaise tournante ainsi que des observations analogues sur des aliénés). 3° Pendant le clignement des yeux produit par une excitation lumineuse inaccoutumée, les objets paraissent également suivre un mouvement oscillatoire, et cela toujours à cause de *l'objectivation de ce qui est subjectif et involontaire.* »

Purkinje a formulé toutes ces propositions avant la publication des célèbres expériences de Flourens sur les canaux semi-circulaires. Il ne pouvait donc rien soupçonner des rapports qui existent entre la façon dont se forme la représentation de l'espace idéal ou subjectif et les sensations produites par les canaux semi-circulaires. Il a en revanche très nettement précisé les rapports existant entre cet espace objectif, ainsi que la différence entre ces deux représentations de l'espace; malheureusement, certains physiologistes modernes en cherchant des objections contre ma théorie du sens de l'espace, confondent continuellement ces deux représentations.

§ 5. — Expériences et observations sur le vertige chez les sourds-muets.

La théorie des fonctions de l'appareil des canaux semi-circulaires comme organe d'orientation dans l'espace a été édifiée, par mes recherches expérimentales qui avaient duré plus de trente années. La plupart des conclusions développées jusqu'ici, d'après des milliers d'expériences sur les animaux les plus variés, ont été obtenues par la voie strictement inductive et avec une rigueur logique. Pour le naturaliste qui travaille expérimentalement, la méthode inductive constitue, cela va sans dire, la base la plus solide. Mais les propositions obtenues à l'aide de cette méthode se trouvent considérablement corroborées, lorsque les déductions qu'on en tire reçoivent de leur côté un développement ultérieur à l'aide d'équations mathématiques ou, ce qui est encore plus probant pour le naturaliste, lorsqu'elles sont confirmées par une série de nouvelles expériences et observations, par ce qu'on appelle

les preuves inductives *secondaires*. J'exposerai dans le chapitre suivant plusieurs confirmations importantes des propositions de ma théorie de l'espace. Ici je me bornerai à communiquer les observations qui ont confirmé d'une façon éclatante ma théorie du vertige visuel, telle qu'elle a été exposée dans le paragraphe précédent. Ce qui rend ces confirmations particulièrement précieuses, c'est leur origine ; elles provenaient en partie des savants auxquels ma théorie de l'espace était inconnue, en partie des adversaires qui ont cherché à réfuter cette théorie à l'aide de leurs propres expériences.

Si le vertige visuel se produit à la suite d'un désaccord entre notre espace idéal et les sensations ayant leur origine dans les canaux semi-circulaires d'un côté, et l'espace vu, d'un autre côté, il en résulte que les *sourds-muets ne peuvent pas subir les erreurs du vertige visuel*. De même certains sourds-muets chez lesquels on peut supposer l'appareil des canaux semi-circulaires privé de ses aptitudes fonctionnelles, devraient souffrir moins ou pas du tout du mal de mer. Ces deux déductions que j'ai faites dans mon travail détaillé de 1878 ont été confirmées d'une façon éclatante par des recherches ultérieures faites par un grand nombre d'auteurs.

Je commence par les expériences de William James. Ce philosophe a examiné un grand nombre de sourds-muets au point de vue de la faculté d'être pris de vertige, sous l'influence de la rotation. Sur 519 sourds-muets examinés, 186 étaient complètement exempts de vertige.

S'il était possible de prouver que tous ces sourds-muets inaccessibles au vertige ne possédaient pas de canaux semi-circulaires aptes à fonctionner, nous aurions là une preuve éclatante et décisive en faveur de la théorie du vertige visuel que nous venons de formuler. Les observations de James démontraient, en même temps, toute l'absurdité de l'hypothèse émise par Mach, que le système des canaux semi-circulaires était un organe de sens spécial pour le vertige visuel. Revendiquer, pour la production de ces vertiges, un organe spécial équivaut à vouloir soutenir que la fonction des reins consiste dans la formation de calculs néphrétiques, ou considérer les

méninges comme un organe de sens pour les maux de tête.

§ 6. — Le vertige par l'excitation électrique du labyrinthe de l'oreille.

Les nombreuses expériences exposées plus haut sur les sensations de rotation et sur le vertige rotatoire ont suffisamment précisé le véritable rôle qui revient aux canaux semi-circulaires dans la production du vertige visuel. Il ne peut plus être question d'un organe spécial dans le labyrinthe de l'oreille pour les sensations de rotation ou pour le vertige visuel. Toutes les expériences ambiguës citées en faveur de l'existence d'un pareil organe s'expliquent tout simplement à l'aide du sens d'orientation. Sous ce rapport encore, les confusions de Mach ont exercé bien des ravages, surtout parmi les auristes et les psychiatres. Aussi ajouterons-nous ici quelques mots sur le vertige électrique que Breuer a tout particulièrement utilisé, afin d'obtenir des preuves apparentes en faveur de l'hypothèse de Mach. Les expériences de Hitzig sur la propagation de courants électriques à travers le crâne, se prêtaient tout particulièrement, grâce à leur ambiguïté, à des preuves apparentes de ce genre. Cette ambiguïté découle de deux causes : 1° de l'impossibilité de produire une excitation isolée des canaux semi-circulaires ; 2° de la difficulté d'observer des troubles moteurs chez des animaux immobilisés. Mais lorsqu'on veut instituer des excitations électriques sur des animaux non attachés, il devient encore plus impossible de préciser les parties excitées.

Pour toutes ces raisons, je n'ai jamais attaché une valeur quelconque à ces excitations électriques. Deux électrodes formés par des fils d'or, avec des bouts recourbés en crochets, étaient introduits dans deux petits orifices pratiqués sur un des canaux osseux ; les bouts opposés de ces fils étaient reliés aux pôles d'un appareil d'induction. La difficulté de localiser, dans ces conditions, l'action des courants électriques, sans entraver la liberté des mouvements fait qu'on n'obtient que des résultats très vagues. Ces expériences n'autorisent qu'une seule affir-

mation : l'excitation électrique d'un canal semi-circulaire ne produit pas d'autre action visible qu'une forte déviation de la tête du côté du canal excité.

D'après mes expériences personnelles exécutées il y a des années, le mot *vertige*, ne saurait être appliqué à cette variété de sensations se produisant lors de la propagation à travers le cerveau de forts courants, introduits de dehors par la voie de l'oreille. Le mot *étourdissement* exprimerait bien plus exactement les sensations provoquées. Tandis que dans le vertige rotatoire on est encore capable de se rendre compte des sensations, la chose est absolument impossible dans le vertige dit galvanique.

§ 7. — L'appareil des canaux semi-circulaires comme régulateur de l'intensité et de la durée des innervations.

Dans ma brève communication de 1877 à l'Académie des Sciences la cinquième proposition de ma théorie de l'espace était formulée de la façon suivante : « Grâce aux excitations ayant leur point de départ dans les nerfs vestibulaires, l'organe central du sens de l'espace règle la distribution et la graduation des forces d'innervation nécessaires aux muscles des globes oculaires et du reste du corps dans leurs mouvements dans les trois principales directions de l'espace » (voir § 1 de ce chapitre). Les anomalies dans la distribution de ces forces d'innervation jouent un rôle considérable dans les nombreux troubles moteurs qu'on observe à la suite de l'excitation ou de la destruction des canaux semi-circulaires.

Tous ceux qui ont exécuté des expériences et des observations sérieuses sur le labyrinthe de l'oreille, furent obligés de reconnaître l'exactitude de ma manière de voir, quelle que soit d'autre part leur conception du rôle physiologique de l'appareil vestibulaire en tant qu'organe de sens. Les sections des canaux semi-circulaires ne se prêtent pas d'ailleurs à des interprétations aussi simples que celles d'un nerf ; il est en effet bien plus difficile de distinguer rigoureusement entre les phénomènes de l'excitation de certaines fonctions et ceux de leur suppression. Le fait que l'une et l'autre se manifes-

tent par des *troubles de l'équilibre* indique clairement, que ces troubles peuvent se produire aussi bien à la suite de la suppression d'une fonction qu'à la suite de son *exagération artificielle*. L'excitation artificielle d'un organe lésé ne peut remplacer qu'imparfaitement son excitation normale. Néanmoins le départ entre les phénomènes d'excitation et ceux de suppression peut être fait avec assez de rigueur dans les interventions opératoires sur les canaux semi-circulaires. J'avais déjà essayé cette séparation dans mon premier travail sur ces organes; mes recherches ultérieures avaient précisé davantage ces différences. C'est ce qu'ont également fait depuis la plupart des expérimentateurs de ce domaine, tels Bornhardt, Spamer, Ewald, Matte et autres. Quand nous parlons d'une façon générale « de troubles d'innervations », il faut entendre par là aussi bien les troubles consécutifs à la suppression de l'impulsion nerveuse normale que ceux consécutifs à l'*exagération* à l'aide d'*excitations artificielles*.

Dans mon travail étendu de l'année 1878, la question de l'équilibre a été soumise à une épreuve rigoureuse, par la constatation que *les centres nerveux auxquels aboutissent les sensations ayant leur point de départ dans les canaux, interviennent d'une façon décisive dans la distribution des forces d'innervation*. Il a été montré à ce propos, combien il était erroné de vouloir considérer les canaux semi-circulaires comme un véritable organe de l'équilibre.

Ainsi que nous l'avons dit, presque tous les savants qui, à la suite de mes recherches, se sont occupés de l'appareil des canaux semi-circulaires ont adhéré à ma manière de concevoir le rôle que l'excitation des nerfs des canaux semi-circulaires joue dans la distribution et la régulation des forces d'innervation. On ne doit pas en conclure toutefois que tous consentent à reconnaître à son premier auteur le mérite de cette constatation.

A propos d'une polémique dans laquelle Breuer s'est vu obligé d'abandonner sa théorie du sens statique, cet auteur chercha à diminuer l'importance de ma découverte de cette fonction de l'appareil vestibulaire, en déclarant que ma manière de la concevoir n'était qu'un « truisme » idéal. Ce rôle des

canaux semi-circulaires serait une chose allant de soi et n'aurait pas besoin de la moindre preuve! Il est pourtant surprenant que ni les savants qui ont réellement expérimenté sur les canaux semi-circulaires, ni les auteurs qui comme Mach, Breuer et autres, ont raisonné, à tort et à travers sur les expériences des autres, n'aient jamais fait la moindre allusion à un rôle semblable des canaux semi-circulaires. De même, ma théorie du sens de l'espace n'était pour Breuer qu'une *intuition géniale*, qui s'était sûrement imposée encore à d'autres.

Flourens, grâce à son admirable génie d'observation, était déjà arrivé à la conclusion que « les forces modératrices du mouvement ont leur siège dans les canaux semi-circulaires ». Cette conclusion, qui vu l'état où se trouvaient alors les connaissances physiologiques, ne pouvait pas être approfondie davantage, renferme déjà le germe de la vérité.

De l'ensemble de mes expériences sur le labyrinthe de l'oreille, dirigées sur le problème de l'innervation des muscles, une seule conclusion s'impose : *les centres nerveux auxquels aboutissent les sensations transmises par les canaux interviennent d'une façon décisive dans la distribution des forces d'innervation.*

§ 8. — Le tonus réflexe, la régulation et la graduation des innervations par les canaux semi-circulaires.

Déjà dans mon premier travail sur l'influence des racines postérieures sur l'excitabilité des antérieures, j'ai fait ressortir la différence essentielle qui existe entre le tonus de Brondgeest et le tonus réflexe établi par mes expériences. Brondgeest croyait notamment avoir montré que chez la grenouille décérébrée et suspendue, la patte postérieure dont les nerfs ont été coupés, pendait inerte, alors qu'avant cette section l'articulation présentait encore une certaine flexion. Il en a tiré cette conclusion que les muscles volontaires possèdent un tonus réflexe entretenu dans les centres médullaires par des excitations fournies par les nerfs sensitifs. Ses expériences ont été attaquées de plusieurs côtés; il n'en restait pas moins que l'idée fondamentale de Brondgeest, ainsi que l'ont

montré plus tard mes expériences directes instituées d'après une méthode tout à fait différente, était juste. *Les mensurations directes de l'excitabilité des racines postérieures, faites avant et après la section des racines antérieures, ont prouvé d'une façon rigoureuse* que cette excitabilité diminue réellement. Elles ont démontré en même temps que la transmission réflexe des excitations des racines postérieures aux antérieures s'accomplit non seulement dans la moelle, mais aussi dans diverses parties du cerveau. Les ablations des hémisphères cérébraux, des thalami optici, des tubercules quadrijumeaux, du bulbe jusqu'au milieu de la moelle allongée pouvaient diminuer cette excitabilité des racines motrices, *tant que les racines postérieures restaient intactes.* La section de ces racines faisait baisser encore davantage l'excitabilité en question.

Pour élucider davantage la véritable portée de pareilles excitations centrifuges et de leur destination physiologique ultérieure, j'ai institué plus tard des expériences plus précises sur *le sort ultérieur de ces excitations.* Au lieu de mesurer, ainsi que je le faisais auparavant, les modifications de l'excitabilité des racines antérieures après la section des postérieures, *par la force du courant d'induction qui servait à produire l'excitation*, j'ai, dans mes recherches postérieures, relié le gastrocnémien de la grenouille au myographe de Marey et *mesuré directement* les modifications de l'excitabilité par l'intensité de la contraction du muscle. J'ai réussi, grâce à ce procédé, à prouver d'une façon incontestable que les excitations fournies par les racines postérieures servent réellement à augmenter la force des contractions musculaires : *la même force d'excitation produisait, lorsque ces racines étaient intactes, des contractions considérablement plus intenses et durables qu'après la section de ces racines.* Plus que cela : une autre sorte d'expériences a montré que la section pure et simple des racines postérieures suffit à produire *un allongement notable du muscle gastrocnémien au repos, chargé d'un certain poids.* La véritable signification physiologique du tonus réflexe a été ainsi établie d'une façon définitive : *le tonus réflexe sert à maintenir les muscles dans*

un état de tension élevée, et cela à l'aide des excitations intérieures et extérieures des organes périphériques transmises par les racines nerveuses sensitives et par les centres cérébraux et médullaires. Cet état de tension élevée a pour but d'assurer une grande économie en forces excitantes lors de la production des contractions volontaires ou réflexes.

Nous avons plus d'une fois fait ressortir l'importance que cette accumulation de forces d'excitation présente aussi bien pour la physiologie des mouvements que pour la pathologie des troubles moteurs. Dans nos recherches antérieures, nous avons souvent insisté sur la nécessité de diviser les troubles moteurs, d'après leur origine en deux groupes : 1° ceux qui reposent sur une association défectueuse entre les groupes musculaires appelés à prendre part à un mouvement rationnel (chorée) et 2° ceux qui sont dus à un trouble dans la régulation et la graduation des excitations dont chaque muscle a besoin, pour que les différentes forces de contraction soient adaptées au but du mouvement. Comme exemple de cette *deuxième* série de troubles, j'ai cité le tabes. Les *excitations qui aboutissent au cerveau et à la moelle par l'intermédiaire des racines postérieures sont en effet utilisées à leur tour, indépendamment de la production du tonus permanent, en vue de cette graduation.* La dégénérescence des racines et des cordons postérieurs, qui était déjà connue à cette époque-là comme le substratum anatomo-pathologique de cette maladie, permet d'expliquer sa symptomatologie de la façon la plus simple.

Les recherches de H. Munk sur les effets de la perte de sensibilité de l'extrémité sur sa motilité ont été d'une grande importance, pour le développement ultérieur de ma théorie, relative à la nature des influences sensitives sur la sphère motrice. Au cours de ses recherches, Munk est parvenu à préciser le véritable rôle, que les excitations transmises par les racines postérieures jouent dans les mouvements volontaires et réflexes ; il put en même temps fournir des données expérimentales sur l'utilisation de ces excitations dans la régulation et la graduation des impulsions motrices. Ses études classiques qu'il a poursuivies pendant des années

sur les fonctions des différentes parties du cerveau et du cervelet lui ont permis également de localiser plus exactement les régions des hémisphères cérébraux, où sont emmagasinées les excitations en question, provenant des racines postérieures.

Afin de pouvoir utiliser avec plus de clarté, pour l'explication des fonctions régulatrices du labyrinthe de l'oreille, l'analyse des troubles moteurs consécutifs aux excitations et extirpations de différentes parties du cerveau, on fera bien de désigner à part chacun des facteurs considérés ici. Tout en n'étant pas partisan de l'introduction de nouvelles dénominations pour des processus connus depuis longtemps, je considère néanmoins comme indiqué, pour rendre possible une certaine unité dans l'interprétation de ces processus, de proposer les désignations suivantes : les sources de toutes *les forces d'excitation* transmises par les racines postérieures aux divers centres médullaires et cérébraux, seront désignées dorénavant sous le nom d'*énergogènes*. A ces sources appartiennent tous les points d'excitation des organes périphériques sensibles, dans la peau, dans les muscles, les tendons, les articulations, etc. Quant au rôle des racines postérieures elles-mêmes, qui ne remplissent somme toute que la fonction de conducteurs, nous lui appliquerons la désignation d'*énergodromes ;* et j'appellerai enfin *énergonomes* les régions centrales de la moelle, des hémisphères cérébraux et cérébelleux, où ces excitations sont accumulées, pour être ensuite transmises, selon les besoins, aux sphères motrices.

La régulation, la graduation et la mensuration nécessaires des forces d'excitation accumulées dans ces énergonomes et destinées à être transmises aux muscles constituent une tâche qui incombe principalement à l'appareil de canaux semi-circulaires. Organe des sensations de direction et de l'espace, cet appareil est le plus apte à déterminer les intensités et les durées des innervations des muscles et à assurer l'adaptation de leurs mouvements aux buts poursuivis. Les nerfs vestibulaires jouent donc sous ce rapport le rôle d'un *énergomètre*. Les troubles dans la distribution de ces forces d'excitation ou la graduation des cas d'innervation peuvent être dési-

gnés par l'ancien terme de *dysmétrie*, introduit par Schiff. Le mot *ataxie* ne devrait, une fois pour toutes, être réservé qu'à cette catégorie de troubles moteurs qui, comme dans la chorée, reposent sur une *incoordination pure*, c'est-à-dire aux cas où les forces d'excitation suivent seulement *de fausses voies*. J'écrivais déjà, il y a 40 ans : « Le mot ataxie remonte encore à Hippocrate et signifie seulement désordre. Il a été employé dans des sens différents par Sydenham, Selle, Pinel, etc. Depuis Andral, on n'entend par ataxie que l'*incoordination des mouvements* » (*Tabes dorsalis*, p. 18)

Il va sans dire que la section des racines postérieures, la destruction des différentes parties du cerveau et de la moelle, où se trouvent accumulées les forces d'excitation provenant des sources énergogènes, ainsi que l'excitation ou la suppression des canaux semi-circulaires doivent produire dans la sphère motrice des phénomènes jusqu'à un certain point *analogues, analogues, mais nullement identiques*. Le grand mérite des recherches de Munk consiste à avoir décomposé et analysé aussi exactement que possible les troubles moteurs, et plus spécialement ceux qui se produisent à la suite de l'irritation ou de l'excitation de différentes parties du cerveau. Ce qui est tout particulièrement précieux pour la question nous occupant ici, c'est que Munk indique exactement, aussi bien chez les chiens que chez les singes et pour chaque catégorie des troubles moteurs observés, « les régions des centres nerveux, où les nerfs moteurs sont influencés par les nerfs sensitifs ».

La plupart de ces centres nerveux se trouvent, d'après Munk, dans l'écorce cérébrale, et notamment dans les régions des extrémités. C'est ce qu'ont démontré aussi bien les expériences d'extirpations que celles d'excitations des régions en question, exécutées, lorsque *les racines nerveuses étaient intactes*, ou après leur *section* complète. Par de nombreuses expériences sur des singes, Mott et Sherrington ont montré que le tonus médullaire (spinal) diminue dans une mesure considérable dans les muscles de l'extrémité supérieure, quand toutes les racines postérieures du plexus brachial ont été sectionnées, mais des expériences antérieures de Munk

nous ont appris que « les tensions musculaires de l'extrémité inactive ne dépendent seulement de la moelle, mais aussi de l'écorce cérébrale ». Les centres musculaires et l'extrémité reçoivent des excitations modérées qui leur sont transmises, avant tout par les trajets sensitifs de cette extrémité, mais aussi par les éléments moteurs centraux.

D'après Mott et Sherrington, les mouvements d'ensemble de l'extrémité en question ne seraient que peu atteints par la perte de sa sensibilité après la section des racines postérieures. Par contre, les mouvements *indépendants* et d'une adaptation plus précise, c'est-à-dire ceux qui portent sur les masses musculaires plus petites et individualisées, de la main et du pied, et plus particulièrement du pouce et du gros orteil, par conséquent *les mouvements qui sont précisément les plus largement représentés dans la région des extrémités de l'écorce cérébrale, sont très gravement endommagés* et dans quelques cas *abolis*. Mais il ressortait des expériences de H. Munk que lorsqu'on « extirpe la région corticale appartenant à une extrémité et dans laquelle se terminent les fibres nerveuses de l'extrémité se dirigeant vers l'écorce, par conséquent la région du bras et de la jambe de la sphère sensitive opposée », la perte des mouvements volontaires *isolés* qui en résulte, tient à la suppression des *éléments moteurs centraux* que renferment ces parties. Les troubles dans les *mouvements globaux* ou, ainsi que Munk les appelle, dans les *mouvements communs* de l'extrémité correspondante consisteraient seulement dans une *régulation* défectueuse et se manifesteraient par des imperfections et des maladresses. D'après Sherrington, la motilité volontaire du bras devenu anesthésique serait perdue pour toujours ; mais ses expériences n'ont pas duré plus de *quatre mois. Il existe donc à côté du tonus médullaire, une sorte de tonus cortical qui lui aussi peut d'ailleurs être d'origine réflexe.*

L'examen de l'excitabilité de l'écorce cérébrale, qui consistait à exciter d'une façon identique, et à l'aide de courants d'induction le même point de la région du bras dans les hémisphères, a montré que pour provoquer un mouvement on a besoin de courants plus forts, quand il s'agit d'un bras dont

les racines postérieures ont été coupées, par conséquent rendu anesthésique que quand on se trouve en présence d'un bras indemne.

Afin de mettre en lumière le rôle joué par l'appareil des canaux semi-circulaires dans la distribution parmi les nerfs des excitations provenant des organes sensitifs périphériques, il était tout d'abord indiqué de relever le fait établi par Munk, à savoir que le tonus cortical est produit et maintenu, lui aussi, par les excitations transmises par les racines postérieures. Je ne mentionnerai que brièvement les détails des expériences et considérations très instructives de Munk sur les troubles moteurs qui, après la section des racines postérieures du plexus brachial, se manifestent dans les extrémités correspondantes. Il en sera de même des différences qui existent aussi bien entre certains résultats qu'entre leurs modes d'interprétation. H. Munk a montré que si on laisse les animaux en vie pendant un temps plus long, jusqu'à 11 mois après l'opération, on voit les mouvements *isolés* revenir à leur tour, les animaux s'exerçant progressivement à les exécuter. D'après Sherrington, si l'animal ne se sert pas de son bras anesthésie, ce ne serait pas parce qu'il ne *veut* pas s'en servir, mais parce qu'il ne le *peut* pas, tandis que d'après H. Munk, l'animal ne *veut* pas s'en servir, pour cette seule raison que « ses premiers mouvements d'appréhension sont devenus inutiles à cause de leur imperfection ». Il ne s'agirait donc pas d'une perte complète de la motilité, mais de l'*incapacité de régler les mouvements plus délicats du bras*. Ainsi que s'exprime H. Munk, *le bras anesthésié agit d'une façon plus tumultueuse, plus violente et plus lourde*. Les mouvements des doigts, du bras anasthésique avaient quelque chose de *brusque*, d'*exagéré* et de *maladroit*.

Nous avons déjà dit plus haut que la suppression des organes énergodromes (toutes les racines sensibles) dans l'extrémité ne produit pas des troubles tout à fait analogues à ceux qu'on observe après la perte de la région de la sphère sensitive en rapport avec l'extrémité correspondante. Dans le premier cas, la source énergogène se trouve complètement séparée des centres moteurs de l'extrémité ; dans le deuxième

au contraire, seuls quelques points énergonomes se trouvent détruits dans le cerveau, les centres moteurs pouvant par conséquent encore recevoir leurs forces d'excitation des points voisins. *Au point de vue de la question qui nous occupe, le fait a déjà une grande importance; dans les deux cas il ne s'agit ni de paralysie ni de perte de la force motrice, mais de troubles plus ou moins étendus dans la régulation et la graduation des forces d'irritation qui proviennent des excitations sensitives et servent à produire des contractions musculaires, et cela dans les mouvements isolés ou communs. Le soin de cette régulation et de cette graduation des forces d'irritation nerveuses incombe justement en première ligne au labyrinthe de l'oreille.*

La preuve que les forces d'excitation provenant de la source *énergogène* s'accumulent non seulement dans les centres médullaires, mais aussi dans les centres cérébraux et corticaux, implique nécessairement l'existence d'un lien anatomique entre les trajets centraux de l'appareil vestibulaire et les centres. Comme on n'a pas tenu compte jusqu'ici de ces trajets d'association au cours des opérations sur la substance corticale et médullaire, il n'est pas invraisemblable que quelques-unes des contradictions, qui existent entre les résultats des expériences de Munk et ceux des expériences de Sherrington, tiennent aux excitations ou aux destructions concomitantes de ces fibres d'association. Des interventions de ce genre doivent, en effet, influer considérablement sur les résultats des expériences. Ces associations entre l'appareil des canaux semi-circulaires et les centres cérébraux, auxquels aboutissent les forces d'excitation provenant de la périphérie des centres moteurs, remplissent encore, *pendant l'inactivité de ces centres*, un autre rôle physiologique, non moins important : *elles servent notamment à accumuler dans ces centres les actions inhibitrices du labyrinthe de l'oreille et à empêcher leur dérivation sur les trajets moteurs*. Ainsi que nous l'avons déjà mentionné à plusieurs reprises, Flourens, qui était un observateur aussi perspicace qu'un expérimentateur habile, avait déjà conclu de ses expériences que « les forces modératrices des mouvements ont leur siège dans les

canaux semi-circulaires ». Le célèbre Chevreul a précisé d'une façon plus frappante encore que ne l'a fait Flourens ce rôle inhibiteur des canaux semi-circulaires dans les troubles moteurs : « C'est l'absence de ces canaux, et non leur présence, qui est la cause des phénomènes si singuliers décrits par M. Flourens ; c'est donc hors de ces canaux qu'il faut chercher cette cause ; et dès lors il faut les considérer non comme des organes qui *produisent* les phénomènes en question, mais comme des organes qui les *empêchent*, au contraire, de se manifester ».

Il ressort avec certitude de toutes les recherches expérimentales discutées dans ce paragraphe, que la réserve en forces d'excitation, emmagasinée dans la moelle épinière et dans les centres cérébraux *ne sert pas seulement à maintenir les muscles volontaires en état de tension plus ou moins grande* (*tonus*), *mais aussi, à régler et à mesurer l'intensité et la durée des excitations dont ces muscles ont besoin pour effectuer des contractions volontaires ou réflexes*. Tant qu'il s'agit de mouvements musculaires destinés à modifier la position du corps dans l'espace, cette mesure des forces d'excitation est sûrement réglée par l'appareil des canaux semi-circulaires. Des fonctions de cet appareil, telles qu'elles ont été exposées plus haut, il suit nécessairement que l'excitation de ses différentes parties, ou la suppression complète de ses fonctions doivent provoquer les troubles moteurs les plus variés. Ces troubles peuvent se manifester par des mouvements forcés violents, par l'impossibilité d'effectuer des changements rationnels de la position du corps et de conserver l'équilibre, et, dans les cas, où la réserve en forces d'excitation est épuisée par une dépense préalable, par une perte passagère de la tension musculaire (atonie), pouvant aller jusqu'à une faiblesse musculaire temporaire (asthénie).

Ainsi que nous l'avons exposé dans le premier paragraphe de ce chapitre, les phénomènes de Flourens dépendent de trois circonstances : 1° du vertige visuel, par manque de concordance entre l'espace vu et l'espace idéal construit à l'aide des sensations de direction ; 2° des fausses représentations qui en résultent quant à la position de notre corps dans l'espace et

3° des troubles dans la distribution et la graduation des innervations, troubles dont il a été question dans le paragraphe présent.

§ 9. — « Le Tonuslabyrint » d'Ewald.

Après l'exposé complet du véritable rôle que l'appareil des canaux semi-circulaires remplit comme organes d'orientation dans l'exposé, une digression sur « le tonus labyrinthique » d'Ewald pourrait, à vrai dire, paraître superflue. Ce rôle a été démontré expérimentalement et développé dans tous ses détails dès l'année 1878. Son importance pour l'explication des phénomènes de Flourens a été parfaitement mise en lumière. La plupart des savants, qui, depuis, se sont occupés sérieusement de ces problèmes, se sont rendu un compte tout à fait exact de ce rôle. Ceci n'a pas empêché Ewald d'appliquer, quinze ans plus tard, à ce rôle, mal interprété par lui, la désignation malheureuse de « *Der Tonuslabyrinth* »; *et cela sans qu'il ait découvert un seul fait précis ou nouveau dans ce domaine, sans qu'il se fût même donné la peine de reproduire les expériences difficiles et décisives des savants qui l'ont précédé*. Afin de prévenir une confusion désastreuse chez les physiologistes qui ne se sont jamais livrés à des recherches personnelles sur le labyrinthe de l'oreille, mais aussi chez les psychologues, dont on ne pouvait exiger une compréhension exacte des phénomènes dont il s'agit, je me suis vu obligé, il y a dix ans, de soumettre le tonus labyrinthique d'Ewald à une critique sévère. Nous le verrons plus loin, que cette critique n'a pas manqué d'ébranler la confiance de l'auteur dans sa théorie. Dans ses propres travaux ultérieurs sur les fonctions du labyrinthe de l'oreille et dans ceux de ses élèves, il n'a plus été sérieusement question du tonus labyrinthique.

Mais pour certains esprits, la force d'attraction de l'erreur est irrésistible et on voit toujours surgir en physiologie, surtout dans les manuels, la désignation malheureuse de « tonus labyrinthique ». Tout récemment encore on a vu le physiologiste Luciani attribuer à ce tonus labyrinthique, dans

les fonctions du cervelet un rôle qu'il cherchait à maintenir, malgré la résistance et les protestations d'Ewald lui-même, *et cela sans en donner les raisons sérieuses et sans en indiquer les avantages.*

Après avoir parcouru une fois de plus l'ouvrage d'Ewald, dans le vain espoir d'y trouver quelque fait ou argument valable qui m'eût permis d'atténuer mon jugement antérieur, je suis à mon vif regret obligé, dans l'intérêt de la vérité scientifique et de la dignité de la recherche physiologique, de reproduire presque dans les mêmes termes la critique de 1897... Il est en effet, impossible de parler du tonus labyrinthique sur un ton plus sérieux.

L'ouvrage luxueusement édité d'Ewald, écrivais-je alors, annonce deux découvertes capitales, de nature inégale, mais de valeur égale. Il est pour nous sans intérêt de savoir que le labyrinthe n'est pas nécessaire à l'audition, et que le tronc seul de l'acoustique est capable d'accomplir cette fonction [1]. En revanche, la deuxième découverte est d'une grande importance aussi bien pour l'objet de notre recherche actuelle, que pour la physiologie tout entière. « Dans quelques dizaines d'années, affirme Ewald, on distinguera nettement dans l'histoire de la physiologie, l'époque qui a précédé l'introduction de la loupe de Westien de celle qui l'a suivi. Celui qui serait tenté de voir là une exagération de sa valeur, n'a qu'à songer à ce fait que la grenouille, qui constitue pour le physiologiste l'animal le plus important subit, grâce à cette loupe, un grossissement qui lui donne l'aspect d'une gigantesque grenouille ayant la taille d'un bœuf! » Cette division de la physiologie en deux époques serait très décourageante pour ceux des physiologistes qui ont eu le malheur de vivre et d'opérer dans la période pré-Westinienne, si Ewald n'avait pas inventé une méthode excellente de sauver de l'oubli, sinon ces savants eux-mêmes, du moins leurs œuvres. Pénétré de cette conviction que tout ce qui a été découvert et observé à l'époque pré-Westinienne ne peut, du moins dans le domaine de la physiologie, prétendre à aucune valeur scientifique, il

1. Cette fantaisie a été d'ailleurs réfutée par Bernstein et Kuttner.

s'est donné la mission louable de découvrir tout cela à nouveau, de l'illustrer des jolies figures et même de le pourvoir de dénominations moins jolies. Afin de pouvoir accomplir jusqu'au bout ce travail plutôt archéologique, Ewald a eu l'heureuse inspiration de recourir aux méthodes odontologiques que les physiologistes ont à tort négligé quelque peu jusqu'ici. Grâce à cette heureuse association entre la loupe de Westien et les méthodes odontologiques, Ewald a réussi à reconstruire plus ou moins, et à sauver de l'oubli, à l'aide de photographies instantanées, la plupart des faits archiconnus relatifs aux suites des opérations sur les canaux semi-circulaires.

Nous ne citerons que quelques exemples des grands résultats obtenus par Ewald, grâce à ses nouvelles méthodes. C'est ainsi qu'il trouve que « les pigeons dépourvus de labyrinthe sont incapables de voler », et cette découverte importante le plonge dans une stupéfaction telle qu'il fait imprimer les mots cités en gros caractères soulignés. Or, Flourens avait déjà constaté cette incapacité des pigeons opérés, qui n'a naturellement pas échappé non plus aux observateurs ultérieurs. Dans mon premier travail sur les canaux semi-circulaires, paru dans les *Archives de Pflüger* en 1873, j'ai même étudié les modifications de la faculté de voler à la suite de la section de chacun des canaux. Dans un travail postérieur, je disais expressément des pigeons dont tous les six canaux semi-circulaires ont été détruits : « *ils ont perdu complètement et une fois pour toutes la faculté de voler* ». (Voir aussi plus haut, Chap. I, § 6.)

Il est un fait qui a été décrit un nombre incalculable de fois, à savoir que les pigeons dont les canaux semi-circulaires ont été opérés, une fois remis et ayant commencé à marcher, trébuchent et tombent, lorsqu'ils rencontrent un obstacle. Un pigeon privé de ses six canaux semi-circulaires, écrivais-je, « semble tâter le sol à chaque pas ». Chose étonnante : Ewald a pu constater la même chose à l'aide de la loupe de Westien (Expérience 9). « Nous choisissons alors un bâton plus gros, *un manche à balai* par exemple, et nous voyons, *à notre étonnement*, que le pigeon tombe

par-dessus. » « L'*animal a conscience de sa maladresse.* » L'étonnement d'Ewald est tellement sincère qu'il prend prétexte de cette observation pour attaquer violemment Goltz : « Je recommanderai cette expérience tout particulièrement à ces messieurs qui voudraient expliquer tous les troubles par ceux qui atteignent la tête..... Ce serait vouloir persister d'une façon enfantine dans une opinion préconçue que d'expliquer l'incapacité de nos animaux de soulever suffisamment une patte par une sensation de vertige (ceci s'adresse à Mach, Breuer et autres) ou par l'absence des sensations des mouvements de la tête » (Goltz). Au chapitre VIII, il s'élève presque avec la même énergie contre les hypothèses de Goltz et de Mach-Breuer sur le rôle des mouvements de la tête dans certaines fonctions des canaux semi-circulaires. Nous trouvons dans ce chapitre une nouvelle preuve de la sincérité, avec laquelle Ewald est convaincu d'avoir réellement découvert des faits connus depuis longtemps. « Je n'avais pas l'intention de mettre en lumière la régularité presque sans exemple qui caractérise tous les mouvements nystagmiques et la dépendance étroite de ces phénomènes par rapport à certaines parties du labyrinthe : *ce qui m'intéressait surtout, c'était l'action du labyrinthe sur les mouvements oculaires, ces derniers offrant un exemple excellent à qui veut prouver l'influence générale et indépendante des mouvements de la tête que le labyrinthe exerce sur les muscles. On ne savait jusqu'ici rien de cette influence* ». Je me contenterai de rappeller que ma première communication à l'Académie française des Sciences sur « la régularité sans exemple qui caractérise les mouvements nystagmiques » et sur « la dépendance étroite de ces phénomènes par rapport à certaines parties du labyrinthe », ainsi que sur « l'influence indépendante des mouvements de la tête que le labyrinthe exerce sur les muscles », a été faite dès le mois d'août 1876 ! Ce sont précisément ces observations qui ont servi de point de départ aux conclusions que j'ai utilisées plus tard (1877) dans ma communication détaillée, afin d'établir la nature de l'influence que les canaux semi-circulaires exercent sur les muscles !

En ce qui concerne d'une façon générale l'influence du labyrinthe sur les muscles du tronc, elle a déjà été décrite d'une façon complète par Böttcher (1873), Curschmann (1874), Berthold (1874), Bornhardt (1875), Spamer (1886) et d'autres !

Après ces citations, qui caractérisent aussi bien la valeur de l'hypothèse que la manière dont elle est fondée, grâce aux emprunts faits chez des auteurs, dont il ne cite même pas les noms et aux découvertes bien anciennes dont la véritable signification lui échappe, il serait inutile d'insister.

Il est juste pourtant d'ajouter que depuis que j'ai dévoilé la valeur de son tonus labyrinthique, Ewald a fait une trouvaille bien meilleure encore. Ainsi qu'il ressort d'une conférence qu'il a faite à Strasbourg en mars 1890, il abandonna sa conception du labyrinthe comme organe de sens du tonus et se rangea à ma manière de voir, d'après laquelle l'appareil vestibulaire constitue un organe de sens pour l'*orientation dans l'espace destiné à nous renseigner sur les trois directions* de l'espace, droite et gauche, haut et bas, arrière et avant. Il utilisa même ma théorie du sens de l'espace pour déclarer dans la même conférence, faite à un congrès de colombophiles, que la merveilleuse faculté des pigeons voyageurs de retrouver le chemin de leur nid à des distances de plus de 1.000 kilomètres tiendrait à ce fait, qu'ils possèdent dans leur oreille interne un sixième sens particulièrement développé qui leur indique, s'ils doivent se diriger « à gauche ou à droite, en haut ou en bas, ou tourner en cercle. » On le voit, Ewald n'a pas tout à fait bien compris ma théorie, puisqu'il confond l'orientation dans les trois directions de l'espace, qui nous environne, avec l'orientation à distance. La même erreur a été d'ailleurs commise par beaucoup d'autres savants (voir chap. IV, § 8). Cette conférence prouve en tout cas qu'Ewald a voulu *adhérer* à ma conception des fonctions de l'appareil des canaux semi-circulaires.

§ 10. — Le rôle des sensations de direction dans la formation de notre représentation de l'espace.

Nous avons donné dans les paragraphes précédents un exposé complet d'une des fonctions de l'appareil vestibulaire,

de celle qui consiste à graduer et à distribuer les excitations dans les muscles volontaires. Nous dirons ici encore quelques mots sur la nature des sensations ayant leur origine dans les canaux semi-circulaires. Dans les chapitres précédents, nous avons démontré à satiété qu'il ne s'agissait, ni de sensation de rotation ou d'accélération ni de sensations statiques, ou de vertige ou d'équilibre. *Les sensations de l'appareil des canaux semi-circulaires sont des sensations des trois directions de l'espace.* Dès l'année 1873, « aucun doute ne subsistait pour moi que *les canaux semi-circulaires se trouvent en rapport avec certaines représentations spatiales* ». Je ne rappellerai que mon expérience d'alors, consistant à produire chez les pigeons le strabisme artificiel, par application de lunettes à verres prismatiques : « on voit alors apparaître une série de troubles moteurs présentant des analogies non équivoques avec les plus légers des troubles qui se manifestent à la suite de la section des canaux semi-circulaires ». Mes expériences sur les illusions dans les perceptions visuelles, « du moins quand elles se produisent brusquement », avaient exactement la même signification; elles m'ont fourni dès cette époque le point de départ précieux qui m'a guidé à l'élucidation des véritables fonctions du labyrinthe de l'oreille. Elles m'ont servi également de guide pour les recherches sur les rapports entre les canaux semi-circulaires et le centre d'innervation des mouvements oculaires, recherches qui ont abouti à cette loi importante : « *l'excitation de chaque canal semi-circulaire provoque des mouvements oscillatoires des globes oculaires dont la direction est déterminée par le choix du canal excité* ».

Les sensations provenant des excitations des nerfs des canaux semi-circulaires sont les sensations de direction chez l'hommes et chez les animaux supérieurs, déjà connues depuis des temps immémoriaux. Il en est de même du nombre de ces sensations. Trois directions fondamentales arrivent seulement à notre perception! droite-gauche, haut-bas, avant-arrière. A chaque canal semi-circulaire correspond une de ces sensations spécifiques de direction.

Le système de coordonnées idéal qui s'élabore dans notre

cerveau à l'aide des trois directions perçues, joue dans la physiologie des organes des sens un rôle considérable. Au cours du développement ultérieur de la théorie du sens de l'espace, surtout après les nombreuses expériences sur les illusions dans les perceptions de direction exposées au chapitre v, je me suis vu obligé d'abandonner les notions proposées par Helmholtz sur les sensations d'innervation, et de contraction des muscles oculaires. Pour la théorie empiriste, l'admission de sensations de ce genre n'était qu'un *expédient*. Lorsqu'une hypothèse auxiliaire devient inutile dans la science, elle doit être éliminée le plus vite possible. Tel est le cas de l'hypothèse empiriste d'Helmoltz depuis la découverte d'un organe de sens spécial pour les sensations de direction, dont la valeur pour nos représentations spatiales est beaucoup plus féconde et scientifiquement beaucoup mieux établie. Lorsque nous parlons de sensations de direction, conscientes ou inconscientes, nous sommes à même de nous rendre exactement compte de ce que nous entendons par ce mot, puisque ces sensations parviennent à notre perception quand nous concentrons sur elles notre attention. Ajoutons que Helmholtz lui-même a depuis expressément renoncé aux sensations d'innervations, dans la dernière édition de ses *Thatsachen der Wahrnemung*.

La perception de la direction, et surtout le choix de la direction donnée, précède le mouvement : elle ne peut donc pas être produite par des sensations d'innervation.

Autenrieth s'était déjà occupé des sensations de direction, en 1802. Ses considérations sur le rôle des canaux semi-circulaires dans la détermination des directions des sons présentent un grand intérêt, surtout à cause des nombreux exemples sur lesquels il les appuie et qu'il emprunte à l'anatomie comparée :..... « La fonction des organes semi-circulaires consiste à fournir la sensation de la direction, que suit le son pour arriver jusqu'à nous »..... Les canaux semi-circulaires sont disposés de telle sorte « qu'ils correspondent aux trois dimensions du cube, c'est-à-dire à la largeur, à la longueur et à la profondeur et que chaque son qui vient d'une de ces directions frappe toujours un de ces canaux perpen-

diculairement à son axe, et l'autre en suivant la longueur de l'axe ». Autenrieth a fondé ses conclusions sur une série d'expériences très intéressantes que lui et Kerner avaient exécutées sur la direction du son.

Par contre, on chercherait en vain chez Autenrieth la moindre allusion au rôle des canaux semi-circulaires au point de la formation de nos *représentations sur l'espace*. Il est probable qu'il se trouvait entièrement sous l'influence de la doctrine Kantienne de *l'origine apriorique* de nos intuitions spatiales et n'a même pas songé à la possibilité d'une autre origine. En tout cas, le fait seul que ce savant éminent a, dès le début du XIX[e] siècle, deviné les rapports justes entre les sensations de direction du son, et les canaux semi-circulaires présente un haut intérêt.

Preyer a, le premier essayé, en 1887, de fondre la conception d'Autenrieth du rôle des canaux semi-circulaires avec ma théorie à moi. A la suite d'expériences assez défectueuses sur la propagation du son, expériences instituées par son élève Schäffer et qui devaient imiter celles de Kerner, Preyer concluait : « J'émets donc une hypothèse tout à fait légitime, lorsque j'affirme : l'énergie spécifique des nerfs ampullaires consiste à donner un sentiment de l'espace en rapport avec le son, autrement dit, un sentiment de direction. »

On le voit, l'hypothèse « tout à fait légitime » de Preyer n'est qu'un emprunt anonyme fait à ma théorie du rôle physiologique des canaux semi-circulaires, développée quinze ans auparavant. De son côté, le partisan zélé du sens statique, Breuer, a profité de cette appropriation arbitraire de ma théorie par Preyer, pour chercher un terrain de conciliation entre son sens malvenu et mon sens de l'espace. A mon observation que ce terrain était trop fragile pour une conciliation de ce genre et à l'espoir que j'ai exprimé de le voir faire encore la concession d'abandonner complètement son sens statique, Breuer répliqua par un aveu douloureux de l'insuffisance de ses contributions expérimentales et de l'écroulement de ses hypothèses bâties en l'air. Il est donc à présent superflu d'insister sur le sens statique défunt, qui ne trouve encore

des partisans que parmi ceux qui n'ont jamais étudié sérieusement la question.

Nous citerons en revanche quelques objections plus anciennes opposées à ma théorie par des savants plus compétents et plus sérieux. C'est ainsi qu'Yves Delage et Aubert ont déclaré que ma théorie de la formation des représentations spatiales *n'est pas indispensable* à l'explication des troubles moteurs, consécutifs aux irritations ou paralysies des canaux semi-circulaires.

Le besoin de mettre en lumière les causes des phénomènes de Flourens n'a pas été, en effet, la seule raison déterminante de l'édification de ma théorie du sens de l'espace. L'insuffisance de nos connaissances sur la formation de nos représentations spatiales a été reconnue comme un fait incontestable, aussi bien par les physiologistes que par les philosophes ayant l'habitude de la pensée scientifique, tels que Lotze. Cette nécessité est prouvée d'ailleurs par ce fait, qu'en physiologie deux théories aussi inconciliables que celle de Helmholtz et celle de Hering, pouvaient persister en présence l'une de l'autre, en état d'opposition absolue. On a objecté avec raison aux deux théories que ni l'une ni l'autre ne saurait nous faire comprendre pourquoi un système de sensations qui n'implique aucune notion de l'espace, doit forcément être perçu sous la forme de l'espace à trois dimensions (Lotze).

A l'aide du fait que les excitations des canaux semi-circulaires produisent des sensations de direction et que ces sensations nous servent pour l'orientation dans l'espace environnant, j'ai réussi à mettre en évidence que les fonctions de ces organes comblent une lacune dans nos notions sur la formation de notre concept de l'espace; ainsi une conciliation peut être opérée entre les théories empiristes et nativistes.

Après l'élaboration complète de ma théorie du sens de l'espace, j'ai résumé en 1900, dans les trois propositions suivantes, les résultats de mes recherches expérimentales.

1° *L'orientation proprement dite dans les trois plans de l'espace*, c'est-à-dire le choix des directions de l'espace dans

lesquelles doivent s'accomplir les mouvements, et la coordination des centres nerveux pour s'engager et se maintenir dans ces directions, *constitue la fonction exclusive de l'appareil des canaux semi-circulaires;*

2° La régulation et la graduation des forces d'excitation, nécessaires à cet effet, quant à leur intensité et à leur durée, aussi bien dans ces centres que dans ceux, dont dépendent le maintien de l'orientation se font *principalement* à l'aide du labyrinthe de l'oreille ;

3° Les sensations produites par l'excitation des canaux semi-circulaires sont les sensations de direction. Elles n'arrivent à la perception consciente que lorsque l'attention est concentrée sur elles. Ces sensations servent chez l'homme à la formation de la représentation d'un espace à trois dimensions, sur lequel il projette son espace visuel, auditif et tactile. Des animaux n'ayant que deux paires de canaux semi-circulaires (par exemple la *Petromyzon fluviatilis*) ne reçoivent que les sensations provenant de deux directions et ne peuvent s'orienter que dans celles-ci. Des animaux n'ayant qu'une seule paire de canaux semi-circulaires (myxines et souris dansantes japonaises) ne reçoivent que les sensations provenant d'une seule direction et ne peuvent s'orienter que dans celles-ci.

CHAPITRE IV

EXPÉRIENCES SUR LES VERTÉBRÉS ET LES INVERTÉBRÉS A UNE ET A DEUX PAIRES DE CANAUX SEMI-CIRCULAIRES

§ 1. — Introduction. Expériences sur les canaux semi-circulaires des lamproies.

Dans les chapitres précédents sont exposées les nombreuses expériences s'étendant sur plusieurs dizaines d'années et dont les résultats ont servi à édifier, par la voie rigoureusement inductive, la théorie qui attribue à l'appareil des canaux semi-circulaires le rôle de l'organe du sens de l'espace. La conclusion que le naturaliste tire, à l'aide de la méthode inductive, d'expériences probantes, lui offrent la plus sûre garantie de la valeur de ses hypothèses et théories; mais cette valeur se trouve considérablement accrue, lorsque les bases sur lesquelles reposent hypothèses et théories trouvent une nouvelle confirmation dans les déductions, faites par la voie mathématique ou expérimentale secondaire. Dès l'année 1877, j'ai tiré de ma théorie de l'espace les trois conditions suivantes :

1. J'ai parlé plus haut de la théorie d'après laquelle le vertige visuel résulterait du désaccord entre l'image rétinienne, de l'espace extérieur et l'espace idéal formé par sensations de trois canaux semi-circulaires. Si cette théorie est exacte, les sourds-muets, auxquels l'appareil des canaux semi-circulaires fait défaut, ne devraient ni éprouver le vertige en question, ni être sujets au mal de mer. Or, les nombreuses observations faites sur des sourds-muets par James Strehl, Bruck et autres ont fourni à cette première déduction une confirmation éclatante, sans que ces auteurs se soient, d'ailleurs, rendu compte de la véritable portée de leurs recherches.

2. *Si les trois paires de canaux semi-circulaires fournissent aux vertébrés des sensations des trois directions cardinales de l'espace, les animaux qui ne possèdent que deux paires ou qu'une seule paire de ces canaux ne doivent éprouver que deux ou qu'une sensation de direction et n'être par conséquent capables de se mouvoir que dans deux ou dans une seule direction.* Nous allons relater dans ce chapitre les expériences faites dès l'année 1877 sur des lamproies qui ne possèdent que deux paires de canaux semi-circulaires, ainsi que sur des souris dansantes japonaises qui ne disposent que *d'une seule* ou deux paires de canaux semi-circulaires pouvant fonctionner normalement. Tous les essais auxquels ces animaux ont été soumis ont démontré d'une façon irréfutable l'exactitude de notre seconde déduction. Ces essais, très nombreux, ainsi que les observations répétées faites sur les mêmes animaux, ont en outre permis de préciser et d'élargir considérablement certains points de la théorie du sens spatial.

3. Des expériences sur les lamproies qui ne possèdent pas de limaçon et ne manifestent pas la moindre trace de sensations auditives, j'ai pu tirer cette conclusion (1877) que les canaux semi-circulaires et otocystes leur servent exclusivement à l'orientation dans l'espace. J'en ai déduit que chez les animaux invertébrés, qui ne possèdent que des otocystes, ces organes servent principalement à l'orientation de leurs mouvements limités. Dix années plus tard, Yves Delage, prenant pour point de départ ma déduction, a montré, par une série de brillantes expériences sur de nombreux invertébrés, qu'il en est réellement ainsi. Les otocystes des invertébrés servent uniquement à l'orientation de leurs mouvements (*orientation locomotrice*).

Bref : les essais expérimentaux ont démontré irréfutablement la parfaite exactitude de mes trois déductions.

Les lamproies occupent, avec les myxinoïdes, le dernier degré de l'échelle des vertébrés et ne possèdent, des organes auditifs proprement dits, qu'un saccule avec deux canaux semi-circulaires. La disposition anatomique de cet organe est très désavantageuse au point de vue purement

acoustique. Le saccule et les deux canaux semi-circulaires sont en effet renfermés dans une petite capsule cartilagineuse *qui ne possède qu'une seule ouverture, destinée au passage du nerf vestibulaire : elle est recouverte d'une forte couche musculaire.*

Il serait, on le voit, difficile d'imaginer des conditions plus défavorables à la propagation du son jusqu'aux terminaisons nerveuses. Il m'a été en effet impossible de provoquer chez lès lamproies la moindre réaction aux bruits. Très sensibles aux rayons lumineux, elles s'enfuient dès qu'une vive lumière frappe leurs yeux, tandis que le bruit le plus fort est impuissant à les faire changer de place.

J'ai conservé des lamproies et des grenouilles dans le même aquarium, et la différence qui existait entre ces deux espèces d'animaux au point de vue de la réaction aux bruits était extrêmement frappante. Il suffisait d'ouvrir la porte de la pièce dans laquelle se trouvait l'aquarium, pour voir les grenouilles fuir dans toutes les directions, tandis que les lamproies, impassibles, restaient fixées à l'aide de leurs ventouses.

Afin de vérifier ma façon de concevoir les fonctions des canaux semi-circulaires, j'ai détruit ces organes chez quelques lamproies. Les résultats de cette opération ont pleinement confirmé mes suppositions. Ces organes, qui s'étaient montrés si réfractaires à toute action sonore, réagissaient à l'intervention opératoire par les troubles de la locomotion les plus frappants. L'opération elle-même est facile à exécuter. On trouve la capsule cartilagineuse, qui est attenante au crâne, à une distance de 2 millimètres de l'œil, dans une direction diagonale orientée vers la partie postérieure du dos. Après avoir enlevé les couches musculaires, on met à nu la petite capsule qu'on ouvre avec la pointe du scalpel, on retire alors facilement le labyrinthe membraneux à l'aide de pinces à longues branches.

Lorsque l'opération n'est faite que d'un côté, on observe chez les lamproies, immédiatement après l'intervention, des mouvements de manège et des mouvements de rotation autour de l'axe longitudinal du corps. La lamproie nage en décri-

vant un cercle plus ou moins large et exécute souvent, au cours de ces mouvements, des rotations complètes de tout son corps autour de l'axe longitudinal. Ce mouvement est excessivement gracieux, lorsque l'animal forme des spirales à tours évasés.

Immédiatement après l'extirpation de deux canaux, la lamproie reste pendant quelque temps complètement immobile ; elle ne s'attache même pas à l'aide *de ses ventouses*, ce qu'elle ne manque jamais de faire quand elle reste immobile. Lorsqu'on la force à changer de place, elle décrit des mouvements circulaires et tourne autour de son axe longitudinal. Il arrive souvent, au cours de ces mouvements de rotation, qu'elle reste couchée sur le dos ; elle continue alors, tout en gardant cette position, à se mouvoir dans un cercle et ne réussit qu'à grand'peine à reprendre la position normale. On observe le même phénomène, lorsqu'on la retourne sur le dos ; elle nage alors pendant quelque temps dans cette position : si elle s'arrête, elle cherche à se fixer pas aspiration à l'aide de la partie dorsale de sa *ventouse*, et ce n'est qu'au bout d'un grand nombre de tentatives infructueuses qu'elle reprend de nouveau sa position normale. Ce mouvement de manège est souvent exécuté dans un plan circulaire que la lamproie forme en se recourbant, jusqu'à rapprocher sa tête de sa queue.

Qu'on détruise les canaux semi-circulaires d'un seul côté ou des deux côtés à la fois, la paresse habituelle des lamproies s'en accroît considérablement. Elles restent des journées entières fixées à la même place à l'aide de leurs ventouses, et ne sortent de leur torpeur que lorsqu'elles y sont forcées par quelque action extérieure. Je gardais les lamproies opérées pendant sept semaines. Or, depuis le moment de l'opération, leurs troubles moteurs n'avaient pas subi la moindre modification. Lorsque je recouvrais leurs yeux avec un petit bonnet, elles se débattaient à la même place ou bien *nageaient à reculons*. Une lamproie avec des canaux semi-circulaires intacts, cherche à se débarrasser du bonnet à l'aide de sa queue ; elle continue ces efforts, jusqu'à ce qu'elle ait atteint son but.

On sait que ces animaux ne changent pas volontiers de place. Leur façon de se déplacer d'un endroit à un autre consiste à se fixer par aspiration à l'aide de leurs ventouses, soit à un bateau, soit à la queue d'un autre poisson. Lorsqu'elles nagent, elles se dirigent toujours en avant, en arrière, à droite ou à gauche ; je n'ai jamais vu une lamproie se diriger dans la direction verticale. Il est fort probable que cette lacune dans leur motilité tient à l'absence d'un troisième canal semi-circulaire. Leur unique nageoire, située dans le voisinage de la queue, indique également une capacité motrice très limitée.

Steiner croyait pouvoir attribuer la difficulté qu'éprouvent ces poissons à garder leur équilibre et leur façon singulière de nager, non à l'absence d'une paire de canaux semi-circulaires, mais au manque de nageoires thoraciques et abdominales. Il existe en effet un rapport entre le manque des deux nageoires et l'absence d'un canal semi-circulaire. Si les lamproies ne peuvent se maintenir tranquillement à une certaine hauteur, mais tombent au fond comme des corps inanimés ou se fixent à d'autres objets, ceci confirme « que les canaux existant chez les lamproies sont ceux qui correspondent au canal horizontal et au canal sagittal ». Il leur manquerait donc le canal vertical qui reçoit précisément, d'après ma théorie, les sensations des directions en haut et en bas. En l'absence de ce canal, les deux nageoires en question ne leur seraient d'aucune utilité.

§ 2. — Les observations de Rawitz sur les souris dansantes japonaises.

Les expériences de contrôle sur les lamproies, qui ne possèdent que deux paires de canaux semi-circulaires furent d'une grande portée pour la conformation de ma théorie du fonctionnement du labyrinthe de l'oreille. En effet les lamproies devaient *se comporter comme des animaux pour lesquels n'existe qu'un espace extérieur à deux dimensions*.

Aussi fût-ce une nouvelle confirmation de ma théorie du fonctionnement du labyrinthe de l'oreille, lorsque les recherches

originales de Bernhard Rawitz ont montré que certaines souris dansantes japonaises, qui se déplacent principalement dans la direction diagonale ou en cercle, ne possèdent *qu'une seule paire* de canaux semi-circulaires, les sagittaux, normalement développés ; les autres canaux n'existant qu'à l'état rudimentaire. De plus, le saccule et l'utricule ont révélé des connexions tout à fait anormales et des défauts de développement. Il existait des adhérences entre le canal normal et les canaux dégénérés. L'utricule et le saccule communiquaient largement entre eux, au point qu'il était impossible de les distinguer l'un de l'autre ; le canal de réunion n'existait pas ; l'utricule correspondait en outre directement avec le limaçon, etc.

Rawitz conclut avec raison que les constatations faites sur les canaux semi-circulaires de ces animaux étaient de nature à projeter une vive lumière sur la fonction du labyrinthe. « Tandis que certains auteurs affirment que les canaux semi-circulaires sont les organes de l'équilibre, qu'ils sont dans une certaine mesure le siège d'un sixième sens, le sens statique, d'autres prétendent que cette conception est erronée. A mon avis, les faits qu'on peut constater chez les souris dansantes parlent avec évidence *contre* l'acceptation d'un sens statique, car nous ne nous trouvons ici en présence que d'un seul canal semi-circulaire normal... et malgré cela les animaux gardent leur équilibre aussi bien au repos qu'en mouvement... mais leur incapacité de se déplacer en ligne droite est provoquée à mon avis par *l'impossibilité où ils se trouvent de s'orienter exactement*... Bref, les canaux semi-circulaires *sont le siège de la faculté de l'orientation.* ».

Les mouvements que Rawitz a observés chez les souris dansantes, présentent de grandes analogies avec ceux que j'ai décrits en 1873 chez les grenouilles valsantes, c'est-à-dire chez les grenouilles qui, à la suite de la destruction de deux paires de canaux semi-circulaires, ne pouvaient plus exécuter que des mouvements de rotation en cercle et qui, plongées dans un cylindre à parois élevées et rempli d'eau, décrivaient sans cesse des mouvements de valse, en adoptant le plus souvent des attitudes presque exactement verticales. (Voir plus haut, ch. I.)

Aussi m'a-t-il paru tout indiqué de répéter les observations de Rawitz et de les compléter par de nouvelles expériences. Je me suis procuré, en juillet 1898, quelques souris dansantes japonaises. Une paire a péri en arrivant; j'ai réussi à soumettre les autres à des expériences variées qui durèrent pendant six semaines.

§ 3. — Mes premières expériences et observations sur les souris dansantes japonaises.

Les véritables mouvements des souris dansantes ont été décrits par Rawitz dans les termes suivants : dans leurs essais de courir en avant, elles ne peuvent jamais se maintenir dans la ligne droite, mais avancent toujours, en zigzags, tout en relevant de temps à autre la tête et en flairant la région qu'elles veulent atteindre. Tout à coup elles interrompent leur course et commencent à tourner en cercle. Lorsqu'un objet fixe se trouve sur leur parcours, par exemple un bâton dressé dans leur cage ou l'écuelle renfermant la nourriture, cet objet forme le centre, autour duquel elles exécutent les mouvements de rotation. Lorsque ce centre manque, les souris tournent autour d'elles-mêmes. Les mouvements de rotation, au cours desquels la queue se trouve toujours redressée, sont tellement rapides, surtout lorsqu'ils durent depuis un certain temps, qu'ils est à peine possible de distinguer les parties de l'animal qui tourne ; lorsque le mouvement s'accomplit autour de l'axe même de l'animal, le cercle est toujours tellement étroit que la pointe du museau de chaque animal est en contact avec l'anus de celui qui le précède immédiatement... Tout à coup, les animaux interrompent les mouvements et commencent aussitôt à tourner avec la même rapidité en sens opposé. Nous avons dit plus haut que les animaux se tiennent tranquilles pendant qu'ils mangent ou boivent. En réalité, la durée de leur repos ne se chiffre que par secondes. »

Cette description des étranges mouvements des souris dansantes est, dans ses lignes générales, tout à fait exacte. Des exceptions isolées tiennent à des différences individuelles.

Mais avant de m'occuper de ces exceptions et d'apporter complètes les observations des mouvements observés, il est nécessaire de donner quelques détails sur l'installation de mes souris dansantes. Elles étaient enfermées dans une grande boîte en verre qui a servi auparavant d'aquarium. Dans cette boîte était placée une petite caisse en bois, de 160 millimètres de longueur, de 100 millimètres de largeur et de 50 millimètres de hauteur, pourvue sur un des côtés d'une petite ouverture pour l'entrée et la sortie des souris. Cette boîte leur servait de chambre à coucher.

Ce qui me frappa avant tout dans ces souris, ce fut le *caractère volontaire* de leurs mouvements dansants. On ne tarde pas à avoir l'impression que ces mouvements *ne sont nullement des mouvements forcés*, et que les souris les exécutent plutôt avec un certain plaisir. Seule la direction des mouvements est forcée : *elles doivent danser en rond*. Dans les limites de cette direction forcée, elles peuvent suffisamment varier leurs figures de danse. On observe alors le plus souvent les détails suivants : généralement, en guise de prélude, une des souris, après avoir pendant quelque temps tourné en rond dans la boîte de la façon habituelle, oscillant la tête, flairant l'air, sans jamais garder la direction droite, mais en traçant des diagonales, des demi-cercles, des figures de 8, commence tout à coup à décrire des arcs réguliers plus grands : *mouvements de manège ordinaires*. Elle interrompt souvent ces mouvements, court vers l'autre souris [1], flaire sous sa queue, à la suite de quoi celle-ci, cédant à cette bizarre sollicitation, se joint à la danse. Elles adoptent alors la disposition par couples décrits par Rawitz, chaque souris tenant son museau près de l'anus de l'autre, et ainsi commence la danse en rond, avec une grande vitesse de rotation : *mouvements valsants ordinaires*. De temps à autre, le mâle s'arrête, la femelle continuant de tourner. Le plus souvent, la souris exécute la troisième figure de danse, qui est en même temps la plus singulière : *la rotation sur place autour de son propre axe ver-*

1. Il est plus sûr de ne conserver les souris que par couples, dans des caisses isolées. Autrement elles se livrent des combats sanglants qui peuvent même avoir une issue mortelle.

tical, et cela avec une rapidité vertigineuse. Il est presque impossible au cours de cette danse *solo*, de déterminer exactement la position du corps. L'animal se meut avec une vitesse telle que le spectateur en éprouve presque du vertige. J'ai pu compter trois rotations à la seconde, mais leur nombre est certainemennt plus grand. Les pattes de derrière sont alors largement écartées, le dos est voûté, la tête penchée en bas et rapprochée du propre anus de l'animal. La souris affecte à peu près la forme d'une toupie sans pointe.

La souris exécute souvent cette danse solo pendant des heures entières. Lorsque les deux souris dansaient simultanément sur le couvercle branlant de la caisse en bois, elles produisaient un bruit tel, que grâce à la résonnance du plancher et des parois de la caisse, on recevait tout à fait l'impression d'un roulement de tambour. Le bruit était si fort que la nuit, les animaux étant séparés de ma chambre à coucher par deux pièces, le roulement de tambour parvenait tout de même à me réveiller.

J'ai déjà dit que ces mouvements n'étaient pas des mouvements forcés ; les souris sont à même de les interrompre à tout instant. C'est ce qu'elles font d'ailleurs très souvent ; on les voit alors s'arrêter brusquement au milieu de la danse, courir vers l'écuelle, y flairer pendant un instant, saisir un grain ou bien frotter leur museau contre le morceau de pain trempé dans du lait, et retourner ensuite avec la même rapidité à leur place, pour recommencer à danser. Lorsque j'empêchais leur danse, en introduisant différents objets dans la grande boîte en verre, elles se réfugiaient sur le toit de la caisse en bois, où elles se remettaient à danser. Lorsqu'on les en chassait, elles se précipitaient dans l'intérieur de la caisse, pour y exécuter leurs mouvements favoris.

Mes souris n'interrompaient pas leur danse, uniquement pour manger. Pendant le jour, elles se tenaient le plus souvent tranquilles et ne commençaient à danser qu'entre 5 et 6 heures de l'après-midi, pour continuer ensuite toute la nuit. Quand j'avais introduit dans leur caisse en bois quelques boules d'ouate, elles s'arrangaient une couche très commode. Enveloppées dans du coton et blotties l'une contre l'autre,

elles dormaient tranquillement toute la journée. Vers le soir seulement, *lorsque l'obscurité commençait*, elles abandonnaient leur chambre à coucher pour prendre de la nourriture et s'adonner à la danse. Privées du lit d'ouate, elles dansent souvent même le jour, surtout lorsque la température baisse un peu : elles sont, en effet, extrêmement frileuses.

L'analyse des mouvements dansants qui viennent d'être décrits ne laisse pas le moindre doute quant à leur caractère volontaire. Rawitz attribuait à la surdité la nervosité des souris, qui les excite à la danse. Mais toutes les souris dansantes ne sont pas absolument sourdes. Si l'on voulait chercher dans leurs organes sensoriels le siège de l'excitation qui les pousse à la danse, c'est au domaine de l'olfactif qu'il faudrait s'adresser de préférence. Au cours des mouvements valsants, chaque souris tient son museau sous la queue de sa partenaire. Souvent même, quand elles s'approchent vers l'écuelle qui contient leur nourriture, leur flair paraît se diriger plutôt vers leurs propres immondices, qu'elles ont l'habitude de déposer à côté de la nourriture. Rien de plus curieux que les quantités énormes de nourriture qu'absorbent ces animaux si graciles, auxquelles correspondent d'ailleurs des amas d'excréments considérables, qui répandent une odeur nauséabonde, très âcre. *On dirait que cette odeur semble les exciter à la danse*, et elles la recherchent *volontairement*, afin d'éprouver cette excitation.

Les organes de l'odorat sont, en tout cas, très sensibles chez les souris ; il suffisait de suspendre dans la boîte en verre un morceau de camphre, pour les voir se réfugier aussitôt dans la caisse en bois, et cela lors même qu'elles ne pouvaient pas apercevoir le corps étranger. Mais après plusieurs essais, elles finissaient par s'habituer et semblaient même s'y complaire. Du moins, elles la reniflaient et plus d'une fois elles interrompaient même leur danse dans ce but.

D'après Rawitz, les souris dansantes *adultes*, seraient complètement sourdes, et c'est même dans cette surdité qu'il vit la cause de leur surexcitation nerveuse. J'ai eu, en ce qui me concerne, la même impression, puisque d'habitude elles ne manifestent pas la moindre réaction aux bruits ordi-

naires, même très forts. Mais, lorsque je serrais leur queue avec une pince, je les entendais pousser des cris; or j'entendais les mêmes cris au cours de leurs rixes; *il était donc à présumer qu'elles n'étaient peut-être pas sourdes pour certains sons qui par leur hauteur se rapprocheraient le plus de ce cri.* J'ai observé en effet que lorsqu'une souris poussait un cri pendant que je la retirais de la boîte avec une pince, ce cri attirait aussitôt l'attention de sa compagne. Aussi ai-je essayé d'examiner leur capacité auditive à l'aide d'un sifflet de Galton, et j'ai pu établir d'une façon certaine que mes souris dansantes entendent très bien plusieurs sons de ce sifflet, ceux notamment qui se produisent au niveau des divisions 10, 11 et 12, surtout ceux de la division 10. Ces trois sons qui correspondent, d'après les déterminations de A. Schwendt, aux hauteurs des sons h5, a5 et gis5, *sont à peu près à la même hauteur que les cris*, à l'aide desquels les souris dansantes expriment leur douleur.

Les deux expériences suivantes mettent hors de doute la sensibilité de certaines souris dansantes, surtout parmi les jeunes, pour certains sons du sifflet de Galton. Lorsqu'elles dormaient d'un profond sommeil, enfermées dans leur caisse en bois, je pouvais les réveiller à l'aide de quelques coups de sifflet. Après avoir répété le même son huit ou dix fois, j'entendais tout à coup les animaux remuer. Lorsque le sifflement continuait, une des souris, la femelle généralement, apparaissait à l'ouverture de la caisse et regardait autour, comme si elle cherchait d'où venait le bruit.

Une autre expérience prouve qu'il s'agit d'une audition réelle, et non d'une illusion produite par des vibrations aériennes quelconques. Lorsque je faisais retentir les mêmes sons, pendant que les souris étaient occupées à danser, elles interrompaient aussitôt leur danse et se sauvaient. Dans cette circonstance encore, la femelle se montrait plus sensible que le mâle; tandis que celui-ci se remettait bientôt à danser, malgré la persistance du sifflement, celle-là restait cachée dans la caisse; elle ne se basardait à reparaître que lorsque le sifflement cessait. *Dans les deux cas, on doit tenir le sifflet au-dessus de la tête de la souris.* Si on fait retentir le

son à la hauteur même des animaux ou plus bas, il reste sans effet. *Les souris dansantes ne semblent donc entendre que les sons qui viennent d'en haut et dont la hauteur répond à celle de leurs propres cris.*

Ainsi que l'a déjà fait ressortir Rawitz, les souris ne sont pas capables d'avancer en ligne droite. Elles ne suivent la ligne droite que lorsqu'elles se trouvent dans un passage étroit, où elles sont obligées de marcher droit. Mais dans ce cas elles ne peuvent pas revenir sur leurs pas, lorsqu'elles rencontrent un obstacle ; *pour revenir en arrière, elles ont besoin d'un espace suffisant où elles puissent décrire un cercle.* Lorsque la hauteur de l'obstacle ne dépasse pas quelques centimètres, elles grimpent par-dessus ; c'est ce qui arrive lorsqu'elles rencontrent dans le passage étroit une souris qui leur barre le chemin ; devant des obstacles plus élevés, elles s'arrêtent immobiles.

Cette particularité m'a suggéré l'idée de rechercher si mes souris dansantes *connaissaient la direction verticale*. Afin de m'en rendre compte, j'ai fait les expériences suivantes. Mes souris ne pouvaient sortir de leur caisse en bois que par un orifice ayant 30 millimètres de largeur. J'y plaçais dans le voisinage immédiat de cette issue une planche en bois inclinée sous un angle de 35° à 40° et munie dans sa partie initiale de deux autres planchettes ayant 60 à 70 millimètres de hauteur, de façon à former un couloir. Les souris étaient donc obligées, pour sortir de leur boîte, d'escalader cette planche. Elles commençaient bien par faire un ou deux pas, mais s'arrêtaient aussitôt et retournaient dans leur caisse, en se défendant péniblement contre la dégringolade involontaire. Elles répétaient plusieurs fois la tentative de monter, mais s'en retournaient toujours en courant *comme frappées de terreur*. Lorsque je les amenais jusqu'à une certaine hauteur du plan incliné, elles se laissaient glisser en bas, souvent après s'être retournées au préalable. On avait l'impression *qu'elles redoutaient l'altitude comme si celle-ci leur donnait une sorte de vertige visuel.* J'ai alors répété cette expérience sur une plus grande échelle. Les souris furent placées dans une grande et profonde caisse en bois dans

laquelle fut disposée une planche oblique ayant 60 centimètres de largeur et inclinée sous un angle de 45°. Il fut impossible de décider les animaux à escalader cette planche, bien qu'ils fussent toujours en mouvement, fouillant dans tous les coins de la caisse. Une fois, après les avoir affamées pendant quelque temps, j'ai disposé vers le milieu de la planche quelques feuilles de salade et approché les souris de telle sorte que leur museau se trouvait en contact immédiat avec leur plat favori : à peine les ai-je lâchées, qu'elles commencèrent à dégringoler, se cramponnant péniblement à la planche rugueuse, afin de ne pas culbuter.

Il semble ressortir de cette expérience, que *certaines souris dansantes sont aussi peu capables de se déplacer dans la direction verticale qu'en avant ou en arrière*. Des trois directions de l'espace, elles paraissent n'en connaître qu'une seule : *à droite ou à gauche. Le mouvement en zigzag, en demi-cercle, ainsi que la rotation elle-même, ne représente d'ailleurs pas autre chose que le mouvement continu ou alternant, soit à droite, soit à gauche.* Lorsqu'un animal se déplace à droite d'une façon continue, il décrit des cercles dans le sens de l'aiguille d'une montre. Lorsqu'il se déplace à gauche, il en résulte la rotation autour du même axe, mais en sens opposé. Abstraction faite de tous les autres arguments, à l'aide desquels j'ai réfuté l'existence du sens particulier pour les mouvements de rotation, *cette simple considération est de nature à prouver l'inutilité complète d'un pareil sens.* Les mouvements en zigzag sont des mouvements dirigés alternativement à droite et à gauche et permettant à l'animal d'avancer *dans la direction diagonale*.

Au cours de cette série d'expériences sur les souris dansantes, une observation, faite accidentellement présentait un grand intérêt, parce qu'elle permettait de pénétrer le mécanisme à l'aide duquel les canaux semi-circulaires rendent possibles les mouvements dans les trois directions de l'espace. Lorsqu'on fermait la grande caisse en bois dans laquelle ont été exécutées les expériences avec le plan incliné, les souris dansantes restaient dans l'obscurité complète. Or il m'est arrivé à deux reprises, en ouvrant brusquement la

caisse, *de trouver une des souris dansantes tout à fait en haut, presque sur le bord supérieur de la planche inclinée! Ces souris dansantes pouvaient donc, lorsqu'elles se trouvaient dans l'obscurité, se diriger en haut et escalader un mur assez raide. Ainsi leur incapacité de se déplacer en haut ne reposait pas sur une organisation insuffisante de leur appareil moteur, c'est-à-dire sur une faculté de coordination insuffisante*. Lorsqu'elles ne voyaient pas la hauteur, c'est-à-dire lorsqu'elles ne pouvaient établir aucune différence entre une surface horizontale et une surface verticale, elles grimpaient facilement sur celle-ci. *Mais dès que la lumière pénétrait dans la caisse, elles se précipitaient en bas, se défendant péniblement contre une chute brusque.* Elles glissaient d'habitude à reculons, incapables, par conséquent, de se retourner.

Il n'est pas facile de donner une explication satisfaisante de ces faits surprenants. L'impression qu'on éprouve lorsqu'on observe ces animaux fait penser aux suites du vertige dont on est pris subitement quand on suit le versant d'une montagne par un sentier étroit et qu'un éclair illumine d'une façon inattendue l'abîme menaçant. Un somnambule qui, endormi, suit avec assurance une voie dangereuse, tombe lorsque, brusquement réveillé, il aperçoit le danger qui le menace.

Les animaux privés de labyrinthe commencent, quelque temps après l'opération, à s'orienter en partie et à maîtriser leurs mouvements, à l'aide de leurs impressions visuelles. S'ils sont en outre rendus aveugles, ils retombent dans cet état d'incertitude qu'ils ont montré après l'ablation des labyrinthes. Il n'en est pas tout à fait de même des animaux qui, comme les lamproies, possèdent un nombre moins grand de canaux semi-circulaires ; après la destruction de ces derniers, ils ne retrouvent *jamais* leur faculté d'orientation. Si on recouvre en outre les yeux de ces animaux avec « un petit bonnet, ils piétinent sur place ou nagent à reculons ». Ils perdent donc alors jusqu'à la possibilité d'accomplir ces mouvements irréguliers qu'ils étaient à même d'exécuter après la destruction des canaux semi-circulaires. Chez les

animaux invertébrés, les troubles moteurs ne commenceraient que, lorsqu'après avoir détruit leurs otocystes, on les rend encore aveugles. C'est ce que Yves Delage a observé chez le *Palæmon* et chez la *Mysis*.

Aussi était-il très intéressant, en présence de ces données, de se rendre compte de la façon dont se comporteraient les souris dansantes, lorsqu'elles étaient subitement aveuglées. Une mince couche d'ouate fut appliquée sur les deux yeux et fixée avec du collodium. *Aussitôt lâché, l'animal commença à exécuter avec une violence extrême, une série ininterrompue de mouvements des plus extraordinaires : il faisait des culbutes en avant et en arrière, sautait en haut, faisait la roue en l'air, retombait ensuite le plus souvent sur le dos et exécutait alors un grand nombre de mouvements roulants dans l'une ou l'autre direction*. Dans ses efforts de rester tranquille, il écartait largement les pattes de derrière, s'asseyait sur la croupe et cherchait un point d'appui sur la paroi de la caisse. Mais cette position de repos ne durait qu'un instant, après quoi les violents mouvements forcés recommençaient de nouveau.

Bref, l'animal offrait *le tableau bien connu des pigeons ou des grenouilles, dont tous les canaux semi-circulaires ont été brusquement détruits des deux côtés*. Afin d'empêcher l'animal de se fracasser la tête, j'ai été obligé de le mettre dans un petit hamac, comme j'avais l'habitude de le faire jadis avec des pigeons aux canaux semi-circulaires détruits. Au bout de deux jours environ, les violents mouvements forcés se calmèrent et l'on put sans danger amener l'animal dans la boîte en verre. Il ne pouvait cependant changer de place que péniblement et restait le plus souvent immobile dans la position décrite plus haut. Peu à peu, après quelques vains efforts, la souris commençait à rechercher l'écuelle à nourriture, et, pour l'atteindre, elle se déplaçait toujours en zigzag ou en décrivant des demi-cercles. Il n'y avait plus de trace de rotation ni de danse. Au cinquième jour, le pansement au collodium se relâcha au point que j'ai pu l'enlever avec précaution, en entraînant la peau du front en lambeaux nécrosés. Les yeux étaient intacts. *Dès le len-*

demain, la souris put s'adonner de nouveau aux plaisirs de la danse. Quelques jours plus tard, la peau se reconstitua et le lendemain les poils avaient repoussé à leur tour; on voyait, au milieu de la tache noire, la même raie blanche qui existait avant que l'animal fût rendu aveugle. Dix jours après cette expérience, la souris ne se distinguait plus en rien d'un animal normal.

Une expérience analogue, entreprise sur une autre souris dansante, donna, en ce qui concerne les suites immédiates, un résultat identique; les mêmes mouvements forcés violents au cours desquels se reproduisit le phénomène étonnant déjà observé chez la première souris, à savoir que malgré la grande variété de ces mouvements forcés, la souris aveuglée, au lieu d'exécuter les *mouvements tournants habituels*, ne pouvait accomplir que *des mouvements auxquels elle n'était pas accoutumée*. Pour préciser davantage, nous dirons qu'à chaque tentative d'accomplir un mouvement *accoutumé*, l'animal succombait à la contrainte des mouvements *non accoutumés*. Il n'était donc plus capable de coordonner les mouvements habituels.

L'explication des phénomènes que présente la souris aveuglée offre plus de difficultés que cela ne paraît au premier abord. On est en effet porté à y voir une analogie complète avec ce qu'on observe après avoir rendu aveugles les animaux privés de leur labyrinthe. Des différences essentielles existent cependant entre les animaux dont on a détruit le labyrinthe ou les otocystes et les souris qui possèdent un labyrinthe rudimentaire: 1° ces derniers gardent intacte leur unique paire de canaux semi-circulaires; 2° elles sont tout à fait hors d'état, avant qu'elles soient rendues aveugles, d'accomplir des mouvements forcés dans le genre de ceux-ci qui ont été décrits. Les souris dansantes deviennent donc capables, une fois aveuglées, d'accomplir des mouvements tout à fait inaccoutumés et perdent la possibilité de coordonner ceux qu'elles accomplissent avec tant de virtuosité, grâce à leur unique paire de canaux semi-circulaires. Afin de pouvoir analyser de plus près le phénomène en question, je rappellerai ici la façon dont, d'après ma théorie, s'expliquent les troubles

moteurs consécutifs aux destructions des canaux semi-circulaires.

Ces troubles doivent leur origine : *a*) à un vertige visuel résultant de la discordance entre l'espace vu et l'espace idéal formé par les canaux semi-circulaires ; *b*) aux fausses représentations qui en résultent concernant la position du corps dans l'espace ; *c*) anomalies et troubles dans la distribution des forces d'innervation aux muscles (chap. III, § 1).

Les mouvements forcés, qui doivent leur origine à la destruction des canaux semi-circulaires se produisent lorsque le pigeon, la grenouille ou le lapin veulent accomplir des mouvements volontaires ou sont incités au mouvement par quelque circonstance extérieure. Dans la position de repos, lorsque l'animal est couché dans un hamac ou blotti dans un coin, il peut rester longtemps sans accomplir des mouvements forcés. *Or, c'est d'une façon tout à fait analogue que se comportait la souris dansante aveuglée.*

Il nous reste à citer quelques exemples de la perfection avec laquelle les souris dansantes sont capables de conserver l'équilibre et de coordonner leurs mouvements.

Il était intéressant de se rendre compte dans quelle mesure mes souris dansantes japonaises étaient à même de maîtriser leur pouvoir de coordination, malgré l'état rudimentaire de leur labyrinthe de l'oreille. La simple observation montre que, *tant qu'elles possèdent la maîtrise complète de leur faculté visuelle et tant qu'il ne s'agit que de mouvements qui ne dépassent pas la sphère de la seule direction de l'espace qui leur soit accessible, ce pouvoir est absolument parfait.* Quelques exemples seulement à l'appui.

Mes gracieuses souris dansantes consacrent pas mal de temps à leur toilette. Plusieurs fois par jour elles brossent et nettoient leur peau et soignent tout particulièrement leurs pattes et leur queue. Elles s'assoient à cet effet sur leur croupe et se servent pour le nettoyage aussi bien de leurs pattes de devant que de leur museau et de leur langue. Souvent elles interrompent brusquement leur danse, sautent sur le toit de la caisse en bois, s'y assoient et nettoient souvent pendant dix à quinze minutes l'une ou l'autre patte. Il arrive alors fré-

quemment que, soulevant avec les deux pattes de devant une des pattes de derrière, elles rapprochent celle-ci du museau et la lèchent pendant des minutes entières. C'est comme si cette patte avait, pendant la danse, subi une entorse ou une autre lésion quelconque. Elles soumettaient au même traitement la queue, lorsqu'il m'arrivait de la blesser en la touchant brutalement avec la pince. Pendant qu'elles soignent ainsi une patte de derrière, elles restent assises sur l'autre patte et sur la croupe, et conservent leur équilibre malgré les mouvements assez compliqués du reste du corps.

La facilité avec laquelle elles sautent sur le toit de la caisse en bois (ayant 50 millimètres de hauteur) témoigne également d'une grande adresse. Une hauteur quelque peu inférieure à la longueur de leur corps leur est en tout cas accessible. Elles posent les pattes de devant sur le toit et soulèvent rapidement le reste du corps. Aussi ai-je fait l'expérience suivante. La caisse en bois fut rapprochée de la paroi de la boîte en verre au point que les souris n'avaient pas de place pour s'échapper de celle-là. Il était intéressant de voir à quels mouvements compliqués elles avaient recours pour écarter l'obstacle. Une souris se suspendit avec ses dents au bord du toit et appuyait ses pattes de derrière contre la paroi en verre, comme si elle voulait refouler la caisse en bois. Une autre souris survint ensuite, repoussa la première, se suspendit à son tour avec ses dents et commença à ronger le toit, afin d'agrandir l'orifice. A peine avait-elle commencé son travail, qu'elle fut supplantée par la précédente, qui se remettait au travail à son tour. Pendant cette interruption forcée, les souris parcouraient infatigablement la caisse et exécutaient quelques tours de valse. Très souvent deux souris se mettaient au travail simultanément; après beaucoup d'efforts, elles atteignaient leur but et réussissaient à refouler la caisse en bois assez loin pour pouvoir se glisser entre les deux parois.

L'adresse avec laquelle elles savent dans l'espace limité échapper à la pince qui veut les saisir, témoigne également en faveur de la maîtrise complète de leurs mouvements. Introduites dans une petite cage munie d'un rouet, elles savent, lors des oscillations de celui-ci, saisir le moment favorable

où les deux orifices se font face pour se glisser dans le rouet. Elles peuvent également lui imprimer des mouvements de rotation qui, s'ils ne sont pas aussi rapides que ceux produits par les souris albinotiques ordinaires, le sont encore suffisamment pour rendre assez difficiles la conservation de l'équilibre et la course simultanée.

Si l'on songe que ces souris japonaises se sont trouvées réduites dès leur naissance à une seule paire de canaux semi-circulaires, on comprend qu'elles aient eu des occasions suffisantes d'exercer toutes les autres dispositions nerveuses qui règlent l'innervation et qui sont susceptibles de remplacer *sous ce rapport* les canaux semi-circulaires manquants. *Il est d'autant plus curieux de constater, qu'en ce qui concerne les directions de leurs mouvements, il n'existe aucun organe de remplacement pour les sensations de directions, fournies par le labyrinthe de l'oreille.*

Il était intéressant de se rendre compte de la façon dont les souris dansantes *habituées* aux mouvements de rotation se comporteraient sur le disque tournant.

Si le mouvement latéral bien connu de la tête constitue un mouvement de défense contre la rotation inaccoutumée, il ne devrait pas se produire chez ces animaux. Voici ce qu'on observe en réalité : si la rotation commence dans un des rares moments où les souris dansantes restent tranquilles, par exemple pendant qu'elles mangent, elles ne se départissent pas de leur calme, quelque rapide que soit la rotation. Elles ne perdent pas leur position d'équilibre même pendant les rotations les plus intenses. (Les rotations s'obtenaient à l'aide d'un cordon enroulé qui servit à suspendre la petite cage.)

Chez ces animaux qui restent rarement tranquilles pendant un temps plus ou moins long, les résultats de la rotation artificielle sont encore beaucoup plus remarquables, lorsqu'on la produit au moment où les souris sont elles-mêmes occupées à danser : elles interrompent aussitôt leur danse, que la rotation s'accomplisse dans la direction de celle-ci ou dans une direction opposée. *Le mouvement de défense contre la rotation non voulue consiste donc, chez ces animaux, qui ne cessent presque de tourner, dans l'immobilité.* Dans ce cas

encore, quelle que soit l'intensité qu'on imprime aux rotations, *on n'observe jamais de mouvements forcés, et cela parce que les souris dansantes sont complètement réfractaires au vertige par rotation.*

§ 4. — La deuxième série de mes expériences sur les souris dansantes.

Dans la séance de la « Section de Physiologie » du 13e Congrès international de Médecine, du 7 août 1900, j'ai fait la démonstration des mouvements des sept souris dansantes japonaises qui ont été l'objet de mes observations pendant les mois précédents.

Ces souris ont montré sous plusieurs rapports, des déviations assez importantes du tableau que Rawitz a observé et décrit la première fois en 1899 et que j'ai soumis plus tard à une analyse expérimentale plus précise sur plusieurs souris. La principale de ces déviations était que quelques-unes de ces souris étaient capables de grimper, non sans adresse, sur la paroi en grillage de leur cage, en suivant la direction *verticale*. J'ai, dans ma courte communication, attiré l'attention de mes collègues sur l'importance que présente en principe cette faculté, notamment, en admettant qu'elle repose selon toute vraisemblance sur un état anatomique anormal de leurs canaux semi-circulaires verticaux. Ceux-ci seraient moins atrophiés que chez les souris que Rawitz et moi avons observées en premier lieu.

En présence de l'intérêt théorique que pouvait offrir la confirmation de la supposition que j'ai admise, Rawitz a bien voulu se charger de l'examen anatomique de l'organe auditif de mes souris. Les résultats de ses recherches seront discutés dans les paragraphes suivants, où nous reviendrons également sur le rapport entre les déformations des canaux semi-circulaires constatées et décrites par Rawitz et les observations faites par moi sur ces animaux. Qu'il suffise de constater pour le moment que chez deux des souris dansantes qui étaient capables de grimper d'elles-mêmes, et avec assez d'habileté, *dans la direction verticale*, *le petit canal semi-circulaire vertical*

(le postérieur) était beaucoup mieux conservé que chez les souris antérieurement examinées par Rawitz, mieux aussi que chez le groupe de mes dernières souris dansantes qui ne possédaient pas cette faculté.

« Dans le deuxième sous-groupe, les canaux *supérieur* et *postérieur* présentent des conditions à peu près normales », écrit Rawitz. Et en effet, un simple coup d'œil jeté sur sa figure 2 montre que le canal semi-circulaire postérieur (vertical) était chez les souris en question, beaucoup moins atrophié que les canaux semi-circulaires correspondants des autres animaux. Les canaux verticaux de ce groupe étaient aussi sans doute susceptibles d'une activité fonctionnelle plus grande que chez toutes les autres souris dansantes examinées jusqu'ici par Rawitz. Les souris dansantes que j'ai acquises en mai 1900 offraient déjà dans leur aspect extérieur certaines différences qui les distinguaient aussi bien les unes des autres que (et cela tout particulièrement) des animaux sur lesquels j'avais expérimenté pendant l'été 1899. Comme tous les exemplaires acquis étaient des mâles, je les ai distribués dans les différentes cages, en me basant exclusivement sur leur aspect extérieur, et les événements ont montré que je ne me suis pas trompé, puisque les animaux vivaient paisiblement ensemble. On pouvait, d'après l'aspect extérieur, distinguer deux principaux groupes. Le premier se composait de trois exemplaires qui, par la forme de leur corps, se rapprochaient le plus des souris dansantes de l'année 1899. Les museaux seulement étaient un peu moins arrondis, et ils possédaient sur la tête *trois* grandes taches formées par des poils hérissés, noirs et qui leur donnaient un air tout à fait singulier, presque comique.

Les quatre autres souris dansantes ressemblaient presque complètement, par la forme de leur corps, aux souris albinotiques. Elles possédaient le même museau pointu et un corps allongé. Seules les petites taches au niveau de la tête et de la hanche présentaient une différence visible. Une paire était plus blanche et possédait *quatre* taches d'un brun clair, l'autre en possédait *cinq* qui étaient presque complètement noires. Elles présentaient également quelques différences dans

la manière de se comporter ; c'est pourquoi je les ai conservées dans des cages distinctes. Après la mort, leurs têtes ont été mises dans des flacons également différents. Les flacons ayant été confondus au dernier moment [1], j'ai préféré les adresser tous ensemble à Rawitz. Ces quatre souris dansantes formèrent *le premier groupe* des souris examinées par lui ; *il s'est vu obligé de le subdiviser à son tour en deux sous-groupes, en rapport avec les différentes déformations trouvées dans le labyrinthe de l'oreille* (voir ces figures dans le travail de Rawitz et dans « *Das Ohrlabyrinth* », Planches V). La confusion accidentelle a eu deux conséquences favorables : elle montra d'abord qu'il existe un rapport défini entre l'aspect extérieur des animaux et les particularités physiologiques de leurs mouvements d'une part, et les défectuosités pathologiques de leurs canaux semi-circulaires d'autre part. *Et en même temps ce groupement anatomique prouve l'excellence du procédé de modelage à plat de Born et la façon scrupuleuse dont il a été appliqué par Rawitz.*

Ces quatre souris dansantes se distinguaient le plus de celles que j'ai observées précédemment : elles n'exécutaient que des *danses solo*, sans soulever la queue en l'air et sans donner à leur tête et à leur corps les attitudes qui caractérisent les danses *en commun* de souris dansantes japonaises. Elles dansaient en outre avec beaucoup plus de modération, quant à la fréquence et à la rapidité. Ces différences peuvent tenir au fait que les quatre souris en question étaient des mâles et qu'il leur manquait par conséquent à leur danse l'excitation sexuelle. Les particularités suivantes, au contraire, prouvent certainement une différence de variété ou d'origine. Ces souris dansantes ne passaient pas leur temps, comme les autres, à renifler sans cesse l'air ; elles n'avaient pas continuellement, selon l'expression de Rawitz ,« le nez au vent ». Leurs mouvements en zigzag étaient également beaucoup moins prononcés. En revanche, elles se déplaçaient en avant de la même façon que les autres souris dansantes, c'est-à-dire rien qu'en demi-cercles, et dans des directions diagonales. La différence

1. Les étiquettes avec des indications collées sur les flacons s'étaient détachées pendant l'emballage.

la plus frappante consistait en ceci *qu'elles pouvaient, avec plus ou moins d'adresse, grimper sur le grillage à mailles serrées de la paroi de la cage en suivant la direction verticale ;* mais même en montant elles se déplaçaient également toujours en diagonales ou en demi-cercles, *de sorte que leur corps était toujours disposé de biais.* Lorsqu'on plaçait dans la cage une planche en bois oblique à surface rugueuse, elles n'essayaient même pas de grimper dessus et n'y restaient qu'à contre-cœur, lorsqu'on les y amenait de force. Lorsqu'au contraire la même planche était munie de petites traverses, elles y montaient toutes seules et pouvaient même séjourner assez longtemps sur une des traverses. Elles grimpaient encore plus volontiers sur une échelle en bois ayant une largeur de 4 centimètres, munie de parois latérales et dont les marches étaient séparées par un intervalle de 2 centimètres ; elles attendaient chaque fois que leurs quatre pattes se trouvaient amenées sur la même marche, avant de grimper sur la marche suivante. Arrivées jusqu'au sommet de l'escalier (80 centimètres environ) elles s'attardaient pendant quelques minutes sur la dernière marche. La descente s'opérait avec les mêmes précautions que la montée.

Contrairement à ce que faisaient les souris dansantes décrites plus haut, et aussi les souris du deuxième groupe, elles se retournaient complètement pendant la descente, de sorte que leur tête se trouvait en avant, et cela indépendamment de la plus ou moins grande rapidité avec laquelle elles descendaient l'escalier. Les souris dansantes précédentes glissaient de haut en bas, la croupe dirigée en avant, c'est-à-dire sans se retourner. Il y avait entre les deux paires cette grande différence que l'une d'elles, la plus blanche, ne réagissait pas seulement au sifflet de Galton, mais écoutait même très volontiers le sifflement. Dès que celui-ci retentissait, les deux souris accouraient vers le coin de la cage le plus rapproché et y restaient le museau appuyé contre le mur, afin de mieux écouter le sifflement. L'autre paire était complètement sourde et ne réagissait d'aucune façon au sifflet. En ce qui concerne les anomalies motrices, la différence qui existait entre les deux sous-groupes était plutôt quantitative que qualitative. La paire la

plus foncée grimpait avec moins d'adresse et beaucoup moins volontiers que la blanche, mais dansait en revanche d'une façon plus persistante et plus animée. Les deux paires s'entendaient très bien entre elles, ainsi qu'avec les trois souris du deuxième groupe. Leurs cages communiquant, elles se rendaient visite mutuellement, mais retournaient toujours dans leurs cages respectives et dans les petites caisses en bois qui leur servaient de chambres à coucher. Ainsi que nous le verrons plus bas, les deux paires se comportaient encore différemment, lorsqu'on les rendait aveugles. Ni les souris de ce groupe, ni celles de l'autre, ne poussaient les cris de douleur que j'ai entendus lors de mes expériences sur les précédentes souris. Serait-ce que les femelles seules possèdent une voix ou que les mâles sont moins sensibles à la douleur? C'est ce que je n'ai pu élucider.

Les trois souris dansantes du deuxième groupe présentaient dans leurs mouvements presque toutes les particularités que j'ai observées chez les souris de l'année 1899 : le « nez au vent », les mouvements en zigzag, le déplacement en avant dans la direction diagonale ou en demi-cercle, la danse autour de l'axe vertical, la course de manège, etc. Ces souris n'exécutaient que des solos en dansant ; ceux-ci étaient seulement beaucoup moins soutenus. Toutes ces particularités étaient moins prononcées, et les animaux ne manifestaient pas la même agitation qui caractérisait tant les précédents. Les souris ne grimpaient pas toutes seules sur le grillage de la cage et n'étaient pas capables de se maintenir sur une planche oblique. Elles glissaient souvent de haut en bas *à reculons*. Elles pouvaient aussi monter l'escalier en bois muni de parois latérales et, comme elles faisaient continuellement des tentatives de fuir, il leur est arrivé souvent de monter assez haut. Elles ne manifestaient aucune réaction au sifflet de Galton.

J'ai soumis toutes les souris dansantes, le jour où elles devaient être tuées, à des expériences d'aveuglement par occlu-

1. Les museaux des souris dansantes de l'année 1899 étaient visiblement plus larges que chez celles-ci. Leurs têtes paraissaient également plus grandes par rapport au petit tronc, et ressemblaient à de petits marteaux sans cesse en mouvement.

sion des yeux avec des tampons d'ouate et du collodion. Tous les animaux ne se sont pas comportés de la même façon au cours de ces expériences Deux souris seulement du deuxième groupe se sont comportées comme celles de l'année 1899. Elles ont exécuté les mêmes mouvements forcés violents autour de tous les axes possibles, faisaient des culbutes en avant et en arrière, bondissaient à plusieurs reprises en hauteur, faisaient la roue en l'air, exécutaient des mouvements roulants, etc. Elles ne se calmaient qu'accidentellement, lorsqu'il leur arrivait de se heurter contre un mur : elles s'appuyaient alors contre celui-ci avec le dos et restaient quelques temps immobiles.

La troisième souris de ce groupe s'était comportée, une fois rendue aveugle, d'une façon différente ; cette souris a eu quelques semaines auparavant, au cours d'une tentative de fuite, une patte de derrière pincée dans le grillage ; il en résulta une lésion qui ne l'empêcha d'ailleurs pas, après guérison spontanée, d'exécuter la danse solo. A peine aveuglée, elle faisait également la roue à plusieurs reprises et exécutait quelques rotations autour de son axe longitudinal ; puis elle retombait dans l'immobilité, couchée de préférence sur le dos ou sur un des côtés. Elle ne recommençait les mouvements forcés que lorsqu'une autre souris lui donnait une secousse en courant. Deux souris du premier groupe, celles notamment qui réagissaient au sifflet, se comportaient d'une façon tout à fait différente ; rendues aveugles, elles s'enfuyaient, comme si rien n'était arrivé [1] : elles manifestaient tout au plus quelque hésitation au moment de se retourner, et une légère incertitude lorsqu'elles se heurtaient à une résistance. Dans ce dernier cas, elles se calmaient le plus souvent et s'arrêtaient. Les deux autres souris, les plus foncées, restaient d'abord immobiles, s'appuyaient sur leur train postérieur et cherchaient à arracher les tampons d'ouate avec leur pattes de devant. S'il leur arrivait de tomber au cours de ces efforts, elles exécutaient quelques mouvements forcés. Ces derniers ne se repro-

1. J'ai observé les mêmes phénomènes en 1899 sur deux souris albinotiques rendues aveugles.

duisaient que pendant la course rapide, sans jamais réaliser l'intensité ni la variété des mouvements du deuxième groupe.

Tous les animaux ont été tués dix heures environ après l'aveuglement. Aucune modification notable ne s'est produite dans leur état pendant cet intervalle.

§ 5. — Les constatations anatomiques de Rawitz et leurs concordances avec les observations physiologiques.

Dans mes premières expériences sur les souris dansantes japonaises, j'ai été obligé de renoncer à mettre mes observations physiologiques d'accord avec les constatations anatomiques de Rawitz. La concordance qui se révéla entre les particularités motrices de ses souris et celles que j'ai observées sur les miennes ne portait que sur les caractères généraux et n'autorisait pas à utiliser les détails anatomiques, constatés chez les unes, pour expliquer les phénomènes vitaux des autres.

Déjà le premier examen fait par Rawitz a montré que les déformations du labyrinthe de l'oreille n'étaient pas exactement les mêmes chez tous les animaux.

Rawitz ayant eu l'amabilité, à l'occasion d'une visite que je fis à Berlin, de me montrer ses préparations, j'ai pu m'assurer de ce fait *de visu*, et me rendre compte, par la même occasion, de l'excellence de la reconstruction plastique par le procédé de modelage à plat, de Born. C'est pourquoi je me suis empressé d'utiliser au point de vue de sa signification générale le fait important établi par Rawitz, à savoir que les souris dansantes ne possédant qu'*une* paire de canaux semi-circulaires susceptibles de fonctionner ne peuvent se déplacer que *dans une seule direction* de l'espace. Mais maintenant je me trouvais en présence de recherches anatomiques faites sur *douze* souris dansantes japonaises. Comme j'ai eu moi-même l'occasion d'observer et d'examiner, les particularités motrices de *sept* de ces souris, la tentative s'imposait d'établir un rapport plus étroit entre les mouvements observés et les malformations anatomiques des canaux semi-circulaires.

Dans l'état des connaissances relatives aux fonctions du

labyrinthe de l'oreille, il fallait examiner, en premier lieu, jusqu'à quel point il était possible d'établir une concordance entre les résultats des *interventions expérimentales* sur les canaux semi-circulaires isolés d'une part, et les *observations* faites sur les souris dansantes d'autre part. Dans son deuxième mémoire, Rawitz résume de la façon suivante les données auxquelles il est parvenu :

« ... On peut constater dans *tous les cas* que les canaux semi-circulaires présentent des déviations très prononcées de la norme et que c'est *encore le canal supérieur qui en est le moins affecté*. Mais lorsqu'on veut déterminer les degrés des modifications, la forme qu'affectent les adhérences entre les canaux semi-circulaires, et préciser quels sont les canaux qui avaient subi ces changements pathologiques, on rencontre des variations considérables... Il en résulte que les principales modifications portaient sur le canal semi-circulaire supérieur. On peut dire que plusieurs souris ne possédaient en réalité que deux canaux semi-circulaires. »

L'anomalie motrice commune à toutes ces souris dansantes consistait en rotations en cercle ou en demi-cercle dans un plan horizontal, soit autour de leur propre axe vertical, soit autour d'un autre axe vertical quelconque. Non moins commune à tous ces animaux, quoiqu'à des degrés variables, était l'incapacité d'avancer *en ligne droite* ; ils se déplaçaient en demi-cercles ou dans des directions diagonales ou exécutaient les mouvements en zigzag déjà connus.

Rappelons, à titre de comparaison, les principaux troubles moteurs qui se produisaient généralement au cours de mes expériences, à la suite de lésions ou de sections de telle ou telle paire de canaux semi-circulaires.

Dans le chapitre premier se trouvent décrits en détail les suites de la section, de la destruction ou de l'excitation de chaque canal semi-circulaire pris isolément ou de l'ensemble des canaux. J'y ai surtout insisté sur la grande régularité avec laquelle les mouvements des yeux, de la tête et du corps s'accomplissent toujours, chez les pigeons, les grenouilles et les lapins, dans le plan des canaux opérés. *Cette loi*, écrivais-je,

possède une valeur absolue et n'admet aucune exception.

Chez le lapin, la régularité, avec laquelle les canaux semicirculaires dominent les mouvements, présente une importance particulière ; et cela grâce à ce fait que lorsqu'on fixe sa tête et son tronc, la régularité en question se manifeste de la façon évidente dans les mouvements nystagmiques des globes oculaires. Ces mouvements s'accomplissent également dans des plans exactement déterminés par le choix des canaux semicirculaires excités.

En confrontant ces données expérimentales avec les observations sur les souris dansantes, on est aussitôt frappé par *une* concordance complète : *on provoque artificiellement, par la destruction des canaux semi-circulaires horizontaux, des rotations autour des axes verticaux, des mouvements de manège dans le plan horizontal, des oscillations pendulaires de la tête à droite et à gauche. Or, chez les souris dansantes chez lesquelles dominent les mouvements du même genre, on trouve, d'après les constatations de Rawitz, que les principales déformations ont leur siège dans les canaux horizontaux et que ces déformations « vont jusqu'à la perte complète de leur rapport anatomique avec le reste du labyrinthe. »*

Les déformations pathologiques congénitales, d'origine inconnue, du labyrinthe de l'oreille, déformations qui produisent la série la plus constante et la plus importante des mouvements caractéristiques des souris dansantes, agissent donc en conformité complète avec la loi physiologique, que j'ai formulée en 1878 à la suite de nombreuses recherches expérimentales.

Indépendamment de la valeur de cette nouvelle confirmation d'une des plus importantes déductions de ma théorie relative au fonctionnement des canaux semi-circulaires, ces constatations anatomiques dont il a été fait mention présentaient un grand intérêt, *parce qu'elles permettent de saisir le mécanisme intime de son fonctionnement.* Elles montrent que les principaux mouvements des souris dansantes, *les volontaires aussi bien que les forcés, s'accomplissent dans le*

plan de la paire de canaux semi-circulaires la plus atrophiée et hors fonction. Elles prouvent, en d'autres termes, que la direction des mouvements forcés est déterminée par la mise hors fonction de la paire de canaux semi-circulaires qui normalement sert à orienter et à régler les mouvements dans cette même direction.

Un observateur superficiel serait tenté de trouver contradictoire le fait que les animaux soient obligés de *se déplacer dans la direction du canal semi-circulaire absent.* En réalité, il n'existe là aucune contradiction. Les résultats de toutes les expériences sur les canaux semi-circulaires démontrent avec évidence que c'est la destruction ou la section des canaux semi-circulaires qui provoque des mouvements forcés violents et persistants dans la direction du plan de ces mêmes canaux. En d'autres termes, c'est la suppression de leurs fonctions qui, pour employer une expression dont s'est d'abord servi Curschmann, produit ce phénomène. En effet, l'excitation artificielle des canaux semi-circulaires provoque des mouvements isolés, qui se produisent bien dans le même plan, mais dans un *sens opposé* [1]. C'est justement parce que la section d'un canal semi-circulaire produit normalement au début une excitation de ce genre, qu'il a été difficile pendant si longtemps de reconnaître la véritable nature des expériences de Flourens.

Déjà à l'occasion de mes premières recherches sur le labyrinthe de l'oreille, mon attention a été attirée sur l'*action inhibitrice* que l'excitation des canaux semi-circulaires exerce sur la production de mouvements. C'est ainsi que je suis arrivé peu à peu à une conception exacte du mécanisme des fonctions labyrinthiques. J'ai rappelé depuis à plusieurs reprises, que Flourens avait déjà l'intuition juste de l'action que les canaux semi-circulaires exercent sur les directions des mouvements et que Chevreul, en particulier, s'est nettement rangé à cette manière de voir : « ... il faut les considérer (les canaux) non « comme des organes qui *produisent* les phénomènes en question, mais comme des organes qui les

1. Voir aussi paragraphe 9, chap. I.

empêchent, au contraire, de se manifester ». Rapport à l'Ac. des Sc. sur les Recherches de Flourens.

Pour la première fois ce mécanisme de l'action inhibitrice fut exposé en détail dans mon travail *Labyrinthe de l'oreille, sens de l'espace et orientation*, paru en 1898. Au paragraphe 9 de ce chapitre, le mécanisme en question sera étudié de plus près. En attendant contentons-nous de relever ici les analogies les plus importantes entre les suites des interventions opératoires sur les canaux semi-circulaires des pigeons, des grenouilles et des lapins d'un côté, et les phénomènes qui surviennent chez les souris dansantes, d'une façon en apparence spontanée, d'un autre côté.

L'élimination artificielle des actions inhibitrices d'une paire quelconque de canaux semi-circulaires, chez des animaux dont *les deux autres paires de canaux sont restées intactes*, suffit à *contraindre ces animaux à se déplacer pendant des journées, voire pendant des semaines entières, exclusivement dans le plan de la paire de canaux détruits.* C'est ainsi que la formation d'un courant induit secondaire ou l'élimination brusque de grandes résistances détourne les courants électriques des autres conducteurs et les force à se propager dans les voies de la moindre résistance.

Chez les souris dansantes, les choses se présentent d'une façon moins simple. Très souvent, leurs deux autres paires de canaux semi-circulaires ne sont pas entièrement normales. Seule la paire sagittale paraît *à peu près* bien conservée. La paire verticale présente souvent des déformations importantes et ce n'est que rarement qu'elle possède une certaine capacité fonctionnelle.

Il est extrêmement intéressant d'établir quelques comparaisons entre les mouvements des souris dansantes et ceux des lamproies. Les grandes analogies qui se sont révélées entre les phénomènes moteurs observés chez les souris dansantes et ceux qui se produisent chez les animaux, dont le labyrinthe vient de subir une intervention opératoire, plaident d'une façon incontestable en faveur de l'origine pathologique et traumatique des déformations, que Rawitz a décrites chez les souris dansantes.

Les souris dansantes japonaises ne peuvent donc plus être considérées comme une variété naturelle de souris, ainsi qu'on était disposé à l'admettre avant les dernières recherches anatomiques de Rawitz. L'analogie avec les lamproies qui ne possèdent *naturellement* que deux paires de canaux semi-circulaires, cette analogie que j'ai invoquée lors de mes premières recherches sur les souris dansantes japonaises, n'est en réalité que très limitée. Il est sans doute exact que les lamproies qui ne possèdent que deux paires de canaux semi-circulaires ne sont capables de se déplacer que dans deux directions de l'espace, tandis que celles des souris dansantes ne possédant qu'une seule paire de canaux, à peu près susceptibles de fonctionner, ne se déplacent que dans *une seule* direction. Il est également exact que ni les lamproies ni les souris ne sont capables de suivre la direction droite.

Mais l'analogie s'arrête dès qu'on s'applique à étudier le mécanisme à l'aide duquel l'insuffisance numérique des canaux semi-circulaires restreint les directions dans lesquelles les animaux sont à même de se déplacer. Les lamproies ne peuvent se déplacer que dans deux directions de l'espace, parce qu'elles ne possèdent, normalement, que deux paires de canaux semi-circulaires et ne peuvent s'orienter que dans ces deux directions. Les souris dansantes sont au contraire obligées, vu la dégénérescence complète de leurs canaux semi-circulaires horizontaux, de se déplacer de préférence dans le plan de cette paire de canaux en état d'*incapacité fonctionnelle*, et cela parce que privés des inhibitions ayant normalement leur origine dans ces canaux, les impulsions se propagent de préférence le long des trajets nerveux qui offrent moins de résistance. La différence est donc plus importante qu'elle ne paraît au premier d'abord. Les deux paires de canaux semi-circulaires des lamproies fonctionnent, en tout cas, d'une façon exactement identique à celle dont fonctionnent les trois paires de canaux des vertébrés, à cette différence près, que les organes centraux, ainsi que les trajets de propagation et les associations entre les nerfs vestibulaires et oculomoteurs sont adaptés chez le Petramyzon en vue d'un système à deux

canaux. Seules, les myxines doivent être rangées parmi les animaux à une seule paire de canaux, dont les anomalies motrices pourraient, d'après leur mécanisme interne, être considérées comme analogues à celle des lamproies. Nous savons, par les indications du professeur Edinger, que les myxines restent le plus souvent immobiles; lorsqu'elles se déplacent, elles n'avancent qu'en zigzag.

§ 6. — La véritable portée des recherches sur les souris dansantes pour la physiologie dès l'orientation.

La théorie des fonctions du labyrinthe de l'oreille comme organe sensoriel qui préside à l'orientation des animaux, et à la formation des représentations d'un espace à trois dimensions chez l'homme, a été définitivement établie et développée dès l'année 1878, c'est-à-dire plus de vingt années avant la première publication de Rawitz sur les souris dansantes. Sa belle découverte des anomalies et atrophies de l'organe auditif chez les souris dansantes japonaises, publiée en 1898, a fourni, en faveur de ma théorie, une nouvelle preuve, d'autant plus précieuse, que ce savant a justement reconnu les véritables rapports entre les anomalies motrices de ces souris et leurs déformations pathologiques. Il a en effet expliqué la production des mouvements bizarres des souris dansantes par la perte de leur *faculté d'orientation;* la rapidité et l'assurance parfaites avec lesquelles elles exécutaient leurs danses si compliquées, étaient pour lui une nouvelle réfutation de l'hypothèse, d'après laquelle le labyrinthe de l'oreille servirait au maintien de l'*équilibre*.

Les observations sur les souris dansantes présentaient, en outre, le grand avantage qu'elles permettaient de reconnaître les anomalies les plus variées dans le fonctionnement du labyrinthe de l'oreille, sans recourir aux vivisections, toujours très délicates dans cette région, et accessibles seulement aux opérateurs très habiles. Dans les chapitres précédents on a pu constater que les nombreux errements dans l'interprétation des fonctions des canaux semi-circulaires provenaient, en grande partie, d'une expérimentation malhabile, dans le

genre de celle qui consistait à détruire brutalement avec le fer rouge, ou par d'autres procédés aussi défectueux, toute la région occipitale, ou *l'ensemble des trois canaux* semi-circulaires. Par contre, un examen anatomique et minutieux des canaux semi-circulaires chez les souris dansantes a suffi à Rawitz pour se rendre compte, d'une manière précise, de la véritable origine de leurs défauts de l'orientation. Quand certains auteurs, comme Alexander et Kreidl où Panse affirmaient n'avoir pas pu constater les déformations des canaux décrites par Rawitz, cela ne pouvait tenir qu'à la défectuosité des méthodes employées pour examiner leur état ou à ce que les souris dansantes qu'ils avaient à leur disposition avaient perdu leur faculté d'orientation, par suite de défectuosités des *nerfs vestibulaires* ou de leurs *centres nerveux.* Les résultats négatifs des auteurs qui ne réussissent pas à répéter les expériences d'autres savants, arrivés à des résultats positifs, sont habituellement sans valeur aucune : la maladresse dans l'expérimentation, l'emploi de mauvaises méthodes de recherches, et souvent même la mauvaise foi des prétendus vérificateurs, suffisent pour rendre compte de leurs insuccès. Une simple réflexion aurait pu éclairer Alexander et Kreidl sur le malfondé de leur conclusion. En *présence* de dégénérescence des organes auditifs, périphériques ou centraux, qu'ils avaient constatée chez leurs souris, seule l'*absence* de tout trouble des mouvements chez les souris aurait pu servir logiquement d'argument contre ma théorie de leurs fonctions.

Alexander et Kreidl avaient d'autant moins le droit de considérer leur insuccès comme une réfutation des résultats positifs, obtenus par moi et Rawitz, que l'un d'eux (Alexander) reconnaissait avoir constaté chez ses souris des atrophies de troncs nerveux, de ganglions et des racines de toute la huitième paire auditive, et, en outre, des atrophies et des dégénérescences de la partie inférieure du labyrinthe, surtout de ses terminaisons nerveuses. Il saute aux yeux que les conséquences fonctionnelles de pareilles dégénérescences et atrophies doivent être identiques à celles des canaux membraneux circulaires, des terminaisons des nerfs vestibulaires ou des

nerfs cochléaires ! Les recherches d'Alexander et Kreidl n'ont donc fait en réalité que confirmer toutes les conclusions que nous avons tirées des recherches exposées dans les paragraphes précédents. Aussi, en tête de sa dernière publication Rawitz a-t-il déclaré inutile d'entrer en discussion sur les étranges affirmations de ces messieurs. Voilà en quels termes, dans une courte annexe à ma publicatien sur les souris dansantes japonaises parue en 1900, j'ai remis les choses au point : « Kreidl a déjà maintes fois fait preuve d'une tendance incontestable à tirer de ses propres recherches des conclusions diamétralement opposées à celles qu'elles comportaient en réalité. Il suffit de rappeler ses expériences sur les sourds-muets dont les conclusions sont en contradiction flagrante avec ses propres résultats (Strehl, Cyon), ou ses expériences avec les otolithes en fer, où il a pris de manifestations de douleur, chez les écrevisses, pour des symptômes de troubles dans leurs connaissances géométriques (Hensen). Rien de surprenant que la véritable portée de mes recherches sur le sens de l'espace lui échappe jusqu'à présent. « Ce serait temps perdu que de relever dans sa dernière publication toutes les citations de mon ouvrage, dont il a faussé les textes, afin d'en dénaturer le sens et de pouvoir m'attribuer de prétendues contradictions. De pareilles falsifications de texte, sur lesquelles repose la naïve discussion d'Alexander et Kreidl, sont en effet trop nombreuses dans leurs dernières publications : rien que les pages 546-550, en renferment une bonne demi-douzaine[1]. »

Ces messieurs n'ont jamais relevé cette grave accusation ; bien au contraire : dans un travail paru six ans plus tard, et qui fut exécuté sous la direction de Kreidl, par Ino Kubo, nous trouvons les mêmes preuves de sérieux scientifique et le même souci de la vérité. Citons seulement deux passages : « Les deux auteurs (Ewald et Cyon) ont vu les phénomènes de Flourens *se produire seulement après l'écoulement de l'endolymphe,* en d'autres termes : *à la suite d'un déplacement de lymphe ou à la suite de son mouvement.* » (Voir

1. Voir *Archives de Pflüger,* Vol. 82, 1900; et *Das Ohrlabyrinth,* etc., p. 202-203.

Pflügers, Arch. Bd. 114, p. 189.) A la suite de la section des canaux semi-circulaires, écrit l'élève de Kreidl, « différents auteurs (Flourens, Bornhardt, Cyon, Vulpian et autres) ont toutefois observé du nystagmus ou des mouvements oculaires *sur la direction desquels ils n'ont fourni aucun « détail »* (*Ibidem*, p. 4)...

Pour des raisons du même ordre nous croyons superflu d'entrer en discussion avec Yerkes à propos de sa grosse monographie *The Dancing Mouse*, qui a obtenu un certain succès auprès de quelques représentants de la nouvelle psychologie expérimentale, dont le premier dogme consiste dans la méconnaissance, et même dans l'ignorance complète, de la physiologie des organes des sens et du système nerveux. Yerkes, *Instructor in Comparative psychology* à Harvard, en Amérique, a eu la chance de pouvoir réunir plus de quatre cents souris japonaises de toutes provenances. On pouvait espérer que, disposant d'un matériel aussi vaste, il découvrirait de nombreux faits nouveaux, instituerait des expériences inédites et approfondirait encore davantage les modifications pathologiques des organes périphériques et centraux de l'appareil auditif. Hélas ! comme chez bien d'autres psychologues de la même école, la méthode statistique s'est montrée chez Yerkes complètement stérile. Yerkes n'a même pas réussi à recueillir au Japon ou en Chine, d'où provenaient ces centaines de souris, des indications sérieuses sur l'origine première des modifications pathologiques qui transformèrent les souris ordinaires en souris blanches. Ses maigres essais d'expériences, d'une naïveté enfantine, n'ont révélé aucun fait inédit de quelque intérêt. Yerkès a également évité de recourir à un examen anatomique de l'appareil auditif. Cela ne l'empêche pas de traiter comme « absurdes » les découvertes de ses prédécesseurs qui ne lui conviennent pas, ou les théories et hypothèses qui dépassent son entendement scientifique.

Cet *Instructor in Psychology*, qui entreprend de découvrir le fonctionnement des canaux semi-circulaires et du labyrinthe, ignore même le nom de Flourens et de tous les autres expérimentateurs qui depuis presque un siècle ont

fait des recherches sur ces organes; comme il ignore d'ailleurs même la terminologie de la physiologie des sens.

Il est plus important pour la physiologie des souris dansantes de relater ici les belles recherches de Paul Röthig[1] sur les souris artificiellement transformées en dansantes selon le procédé de Ehrlich. Ce savant a réussi de préciser davantage les modifications pathologiques de l'appareil auditif de ces souris, en même temps que leurs rapports avec les troubles moteurs, décrits par Rawitz et de confirmer ainsi, d'une manière éclatante, la théorie des fonctions du labyrinthe publiée par de Cyon[1].

Les recherches de Paul Röthig, furent exécutés dans la section anatomique de l'Institut neurologique du Professeur Edinger à Frankfort. C'est à Ehrlich que revient l'honneur d'avoir le premier provoqué chez des souris blanches ordinaires des troubles de locomotion, qui ressemblent dans les points principaux à ceux des souris dansantes japonaises. Ces souris dansantes artificielles, Ehrlich les a obtenues en leur injectant une préparation arsenicale qu'il désigne comme Arsacetine. Les phénomènes principaux observés par Ehrlich chez des souris ainsi préparées se manifestent par une danse en rond, tantôt dans l'un et dans l'autre sens et tantôt dans le même sens. Les mouvements de ces souris rappellent presque entièrement ceux que nous avons décrits plus haut : la difficulté de garder la ligne droite, la course en zigzag, la danse infatigable et continuelle en cercle, etc. Au moindre obstacle sur leur chemin, les souris commencent à danser; ce n'est que sur des planchettes très étroites qu'elles peuvent avancer tout droit, mais lentement et avec beaucoup de précautions ; quand elles glissent, elles cherchent à se maintenir sur le plancher et le plus souvent réussissent avec beaucoup d'habileté et d'adresse. Dans tous leurs mouvements, elles font preuve d'une faculté nettement dessinée de pouvoir maintenir leur équilibre. Déjà Ehrlich a expressément relevé cet art des souris dansantes de conserver l'équilibre,

1. Paul Röthig. *Untersuchungen von mit Arsacetin behandelten Mäusen.* Frankfurter Zeitschrift fur Pathologie. Vol. 3, fascicule 2. 1909. Deutsche Medizinische Wochenschrift, 1909. N. 50.

ainsi que ce fait que le principal défaut de leur motricité consiste dans l'impossibilité de s'orienter dans la direction droite.

Les souris traitées d'après la méthode d'Ehrlich sont également en état d'exécuter la danse de rotation autour de leur axe vertical, en s'accrochant avec les pattes postérieures sur place. Une seule injection suffit souvent pour que leur manière de danser en rond continue pendant des mois ; selon Browning, même pendant une année et jusqu'à leur mort. Leur faculté auditive est diminuée, comme chez les souris japonaises, mais pas complètement éteinte.

L'examen du labyrinthe de ces souris artificielles par R. Krause n'ayant pas donné de résultats décisifs, Ehrlich confia plusieurs de ces souris à Paul Röthig, afin d'examiner le système nerveux central de leur organe auditif. Ces recherches, longtemps poursuivies et très minutieusement exécutées par Röthig, principalement à l'aide de la méthode Marchi, ont donné des résultats très précieux et très constants. Une seconde série de recherches analogues, exécutées sous la direction de Röthig par le Dr Röhl, a confirmé les premiers résultats et précisé encore davantage certains points concernant surtout la dégénérescence du *tractus opticus* chez les mêmes souris.

Les effets constants de l'injection d'arsacetine chez toutes les souris blanches sont : l'atrophie et la dégénérescence fortement prononcées de leur nerf vestibulaire, accompagnées très souvent d'une dégénérescence de leur *tractus opticus*. Moins prononcée est la dégénérescence des cellules du noyau de Deiters et des noyaux du nerf acoustique proprement dit. La dégénérescence de la voie optique apparaît beaucoup plus tard que celle du nerf vestibulaire. Dans sa seconde communication, Röthig relève l'analogie de la cécité constatée, chez l'homme traité avec l'atoxyl avec la dégénérescence des tractus opticus, par suite de l'injection de l'arsacetine (Acetylparamidophenylarsinsaures Natron).

Pour les détails anatomiques des recherches de Paul Röthig, nous renvoyons au texte même de ses deux communications illustrées par des figures. Contentons-nous de repro-

duire ici, seulement les principales conclusions physiologiques de ces recherches sur les fonctions du labyrinthe de l'oreille :

1° La faculté de maintenir l'équilibre n'est nullement troublée chez les souris dansantes artificielles ; il est par conséquent évident que l'appareil vestibulaire et labyrinthique n'est pas l'organe qui maintient l'équilibre du corps ;

2° Les troubles d'orientation qui se manifestent chez ces souris dans leurs mouvements de rotation et de zigzag, et leurs rapports avec la dégénérescence des nerfs vestibulaires ne peuvent s'expliquer qu'à l'aide de la théorie de Cyon sur les fonctions du labyrinthe. Cyon avait démontré par une longue série de recherches expérimentales que les canaux semi-circulaires sont les organes périphériques exclusifs du centre de direction et de l'espace. Rawitz avait donc parfaitement raison de rattacher ses belles recherches anatomiques sur les souris japonaises à la théorie de Cyon.

Quant à la dégénérescence des nerfs optiques observée par Röthig, ce savant rappelle que je l'avais prévue depuis longtemps. Il écrit à ce sujet : « Cyon déclare que la connaissance de la ligne droite repose sur une coopération harmonieuse du labyrinthe de l'oreille et de l'organe visuel ; la dégénérescence du *tractus optique* qui suit celle des nerfs vestibulaires chez les souris confirme par conséquent cette affirmation. »

§ 7. — L'orientation à distance : observations et expériences sur des pigeons voyageurs, des abeilles et des fourmis.

L'aptitude des pigeons voyageurs à retrouver leur point de départ, c'est-à-dire leur colombier, est un des phénomènes les plus curieux qui sollicite l'attention du naturaliste. Cette faculté offre de grandes analogies avec celle des oiseaux migrateurs et dépend très probablement des mêmes fonctions physiologiques. Elle s'exerce toutefois dans des conditions particulières qui la rendent plus mystérieuse encore.

L'oiseau ou le pigeon migrateur choisit et détermine lui-même aussi bien son point de départ que son point d'arrivée.

Il est le maître de ses déplacements par rapport au temps comme par rapport à l'espace. On peut donc admettre à la rigueur qu'entraîné dans ses pérégrinations sous la conduite de ses aînés il arrive, grâce à certains points de repère qui ont frappé ses organes des sens, à s'orienter pendant des parcours effectués aux époques fixes et dans une direction invariable.

Bien différemment se présente d'ordinaire le phénomène de l'orientation chez le pigeon voyageur. Après une *série d'entraînements*, ce dernier parvient à s'orienter à une distance de 300 à 500 kilomètres de son colombier. Jusque-là son aptitude à retrouver son point de départ peut assez aisément s'expliquer par les sensations visuelles aidées d'une excellente mémoire locale. Mais une fois arrivé à ce degré d'entraînement, l'oiseau est brusquement transporté à une distance de 1.000 kilomètres et plus de son colombier ; *ce voyage, il l'accomplit enfermé dans un panier clos, qui lui-même est placé dans un wagon à bagages*. Lâché à son point d'arrivée, le pigeon qui, durant la route, n'a pu à l'aide de *ses sens connus* saisir aucun point de repère pour le chemin parcouru réussit néanmoins à s'orienter et à refaire en sens inverse le même trajet, sans guère s'écarter sensiblement de l'itinéraire précédemment suivi.

Dans ces conditions aucun indice extérieur *connu* ne peut servir au pigeon de point de repère pour l'aider dans son orientation. Nous ne connaissons, en effet, aucun excitant susceptible de mettre en activité nos cinq sens, qui aurait pu guider le voyageur dans ses efforts pour retrouver le chemin du colombier. Force nous est donc ou de recourir à l'hypothèse d'un sens particulier chez ces pigeons et en général chez les animaux migrateurs, ou de rechercher quelque nouvel excitant extérieur capable d'agir sur les terminaisons nerveuses des organes des sens que nous connaissons.

C'est à la première de ces alternatives que se sont arrêtés la plupart des naturalistes et des colombophiles. Mes recherches sur les canaux semi-circulaires comme organes périphériques du sens de l'espace semblaient indiquer que c'était

dans le labyrinthe de l'oreille qu'il fallait chercher le siège de ce nouveau sens. La principale conclusion découlant de ces expériences était que les canaux semi-circulaires servaient à l'*orientation dans l'espace* et, en outre, chez l'homme, à la formation de la notion d'un espace à trois dimensions. Plusieurs auteurs ont cru trouver dans cette conclusion une explication possible de l'aptitude des pigeons voyageurs à s'orienter à de longues distances.

Une telle interprétation de ma théorie des fonctions des canaux semi-circulaires repose sur un malentendu créé par le mot « orientation ».

C'est aux canaux semi-circulaires que les pigeons doivent la faculté de se mouvoir dans les trois directions de l'espace, c'est grâce à eux qu'ils peuvent voler en ligne droite ou dans le sens vertical, décrire des cercles, se diriger à droite ou à gauche, exécuter des culbutes en l'air, bref, accomplir *tous les mouvements qui leur sont nécessaires pour retrouver leur chemin*. Mais ces canaux ne peuvent nullement leur servir de *guide* quand ils doivent *s'orienter à distance*. Sans les trois paires de canaux semi-circulaires en parfait état de fonctionnement, les pigeons voyageurs seraient incapables d'exercer leur aptitude à cette dernière *orientation*, comme ils ne pourraient le faire sans le secours de leurs ailes, par exemple. Mais rien ne permet d'attribuer à ces organes la faculté d'indiquer aux pigeons voyageurs la route qu'ils doivent prendre. J'ai déjà mentionné plus haut (chap. III, § 9), que la différence entre la *fonction de l'orientation dans l'espace ambiant et celle qui dirige l'orientation à distance*, peut être comparée à la différence entre le rôle de la *barre* et celui de la *boussole*. La *barre* donne au vaisseau *les diverses directions* à prendre, afin qu'il puisse suivre la *voie* indiquée par la *boussole*.

Pendant un séjour prolongé à Spa en Belgique, ce pays classique de la colombophilie, j'essayai à mon tour d'aborder par quelques expériences préalables l'étude du problème de l'orientation locale, et cela au point de vue de deux organes : l'oreille moyenne et le labyrinthe.

Un colombophile amateur spadois, M. Wilgot, qu'intéres-

sait vivement le problème scientifique dont je m'occupais, voulut bien mettre gracieusement à ma disposition son expérience personnelle, ainsi que son colombier riche en pigeons voyageurs excellents et de races diverses.

Après plusieurs essais préliminaires sur la possibilité de recourir à la cocaïne pour insensibiliser les muqueuses du nez ou pour diminuer l'action éventuelle des canaux semi-circulaires, je dus renoncer à l'emploi exclusif de cette substance. Le bouchage des narines à l'aide de tampons trempés dans la cocaïne et retenus par le collodion me parut préférable, après que j'eus constaté qu'il n'apportait aucune gêne sensible à la respiration des pigeons et n'entravait pas visiblement leur vol. Je me servis aussi de tampons semblables afin d'intercepter la transmission des excitations sonores aux canaux semi-circulaires par la voie du tympan.

L'expérience principale fut instituée le 4 septembre 1898. J'employai à cet effet trois jeunes pigeons voyageurs de valeur presque égale et qui avaient déjà fait leurs preuves sur des parcours d'environ 500 kilomètres. L'un (A) devait servir de témoin ; l'autre (B) avait les deux narines, et le troisième (C) les deux conduits externes de l'oreille bouchés par des tampons, après une légère et superficielle insensibilisation locale par la cocaïne. De fortes couches de collodion furent appliquées extérieurement afin de garantir l'adhérence des tampons. Par une expérience faite la veille sur le pigeon B, je m'étais assuré que le bouchage des narines n'entravait nullement son vol.

Comme point de lâcher, j'avais choisi Huy, localité qu'une distance de 50 à 55 kilomètres à vol d'oiseau sépare de Spa. Le parcours en chemin de fer fut d'environ 70 kilomètres avec trois changements de train.

Le lâcher eut lieu dans l'ordre suivant : A (le pigeon normal) à 10 h. 13′; B à 10 h. 19′, et C à 10 h. 26′.

A s'éleva aussitôt avec une extrême rapidité, se dirigeant un peu au nord-ouest ; arrivé à une grande hauteur, il commença à décrire de vastes cercles en s'élevant toujours davantage, et après une orientation de trois minutes environ, il disparut en suivant à peu près la ligne du chemin de fer.

Le pigeon B prit son essor dans la direction opposée. Il arriva également très haut en se dirigeant vers l'est ; mais quand il eut décrit deux ou trois cercles, on le vit disparaître rapidement dans la direction sud-est. L'ascension du troisième (C) fut beaucoup plus lente ; il se dirigea également vers l'est, mais n'arriva pas aussi haut que les deux premiers ; en décrivant les cercles d'orientation, il s'abaissa à plusieurs reprises et disparut, quatre minutes environ après le lâcher, dans la direction de l'est.

Après m'être assuré les moyens de retrouver ces oiseaux au cas où ils seraient interceptés en route, je rentrai vers 3 heures à Spa, où M. Wilgot voulut bien surveiller leur retour dans le colombier. Le premier arrivé, à 11 h. 35', se trouva être le pigeon C (celui qui avait les oreilles bouchées). Le pigeon témoin, qui avait les plus brillants états de service, arriva à midi. Le pigeon B (narines bouchées) ne rentra que le jeudi, le 7 septembre, plus de trois jours après le lâcher. Lorsqu'on le trouva, le 7 septembre, vers 6 heures du soir, en train de couver, il ne pouvait avoir regagné son nid depuis plus de deux heures. Il mit donc pour le trajet de retour soixante-dix-huit à quatre-vingt heures, A — une heure quarante-sept et C — une heure neuf minutes. Le pigeon B était dans un état d'amaigrissement extrême, il avait les narines complètement dégagées.

Quelle pouvait être la raison de ce retard extraordinaire ? Il n'avait certainement pas été retenu dans quelque pigeonnier du voisinage. Les recherches faites ne laissaient aucun doute à cet égard. Un billet attaché à son aile promettait une récompense de beaucoup supérieure à sa valeur vénale et on n'eût pas manqué de le renvoyer à son propriétaire. Dût-il interrompre son voyage par suite d'une gêne de la respiration et rester quelque part immobile jusqu'à la disparition du collodion ? C'est peu probable. La vigueur et la rapidité avec lesquelles il avait pris son vol témoignaient de sa liberté de respiration. Par contre, sa grande maigreur au retour paraissait indiquer qu'il avait accompli un très long voyage. Il est plutôt permis de supposer que, privé d'un de ses moyens d'orientation, le pigeon B prit au départ une fausse direction ; il dispa-

rut, en effet, dans la direction du sud-est. Il se serait donc égaré, aurait erré pendant plusieurs jours à la recherche de sa route et ne l'aurait retrouvée qu'après la libération de ses narines.

La vérification de cette conjecture nécessiterait sans doute un grand nombre d'expériences du même genre. Il faudrait, en les exécutant, mettre les muqueuses du nez hors fonctions, sans compromettre la liberté des voies respiratoires; on obtiendrait ce résultat par exemple, en détruisant ces muqueuses à l'aide du galvanocautère. Bien d'autres épreuves seraient encore nécessaires pour fournir une base scientifique à l'hypothèse que j'émets.

Quelques observations complémentaires me paraissent indispensables pour indiquer la voie dans laquelle de pareilles études devraient être poursuivies.

La participation des muqueuses du nez à l'orientation de certains animaux (chiens, chevaux, chats, etc.), est démontrée par une foule d'observations incontestables. Quand un chien de chasse reconnaît la direction dans laquelle se trouve le gibier, c'est encore le vent qu'il flaire, le vent qui lui apporte certains parfums qu'il reconnaît : c'est ce vent qu'il suit pour atteindre la proie. On voit souvent les pigeons migrateurs ou les pigeons voyageurs changer soudain de direction, décrire de larges cercles à des altitudes diverses et *reprendre ensuite leur première direction à une hauteur différente.* Ils ne choisissent pas non plus toujours les vents qui soufflent dans le sens de leur route, au besoin ils volent *contre le vent.* Il est évident que, dans ce dernier cas, ils sont mieux à même d'en reconnaître la nature à l'aide de leurs narines.

De fait, il est indispensable de distinguer dans le problème qui nous occupe deux phénomènes bien différents : les *mobiles* qui forcent les animaux à regagner leur point de départ, et les moyens qui leur *permettent d'opérer ce retour.*

Chez les pigeons voyageurs, le mobile est donné par l'amour du nid et les affections de famille qui distinguent à un si haut degré ces animaux ; chez les oiseaux migrateurs par la nécessité de retrouver des conditions climatériques plus

favorables ; chez les fauves que poursuit le chasseur, par le sentiment de la conservation.

Ce sont là, en réalité, des mobiles purement instinctifs ou devenus tels par l'effet d'une habitude soit individuelle, soit héréditaire. La diversité des moyens auxquels les animaux ont recours pour satisfaire ces instincts d'orientation indique leur faculté de faire certains choix.

Dans ses voyages d'entraînement le pigeon s'oriente principalement à l'aide de ses yeux et accumule un grand nombre d'expériences qui lui serviront plus tard, lorsqu'il aura à parcourir des trajets, dans lesquels le seul sens de la vue ne suffira plus à le guider.

Grâce à la mémoire locale extraordinaire que tous les auteurs reconnaissent aux pigeons voyageurs, ceux-ci sont capables de très bien s'orienter, à l'aide du sens de la vue, dans un rayon de plusieurs centaines de kilomètres. Et comme leurs voyages d'étude s'accomplissent le plus souvent dans une seule ou dans deux directions, ils arrivent à obtenir des points de repère pour leurs voyages ultérieurs jusqu'à une distance de 500 à 600 kilomètres.

Mais ils apprennent aussi, au cours de ces exercices, à distinguer les vents et leurs directions et à reconnaître *ceux qui sont susceptibles de les conduire le plus sûrement à leur foyer, ou qui proviennent de leur foyer*. Il est en effet facile de constater qu'après s'être orientés dans la hauteur à l'aide des cercles ou plutôt des spirales, qu'ils décrivent en l'air, les pigeons voyageurs sont loin de choisir dans tous les cas la direction du vent qui est de nature à leur faciliter le vol vers le colombier. On les voit au contraire voler très souvent contre le vent, malgré la grande dépense de force musculaire que ce vol nécessite. Si notre hypothèse est exacte, à savoir que les pigeons voyageurs (ainsi que les oiseaux migrateurs) s'orientent à distance, grâce en partie à un sens du flair ayant son siège dans le nez, c'est-à-dire grâce aux sensations que provoquent dans leur cavité nasale et, peut-être aussi dans leur cavité frontale, les excitations (mécaniques, thermiques et peut-être aussi spécifiquement chimiques) du vent — si cette hypothèse, disons-nous, est exacte, le vol contre le

vent doit leur faciliter considérablement l'orientation. Lorsqu'ils volent dans la direction du vent, ils se mettent dans des conditions extrêmement défavorables en ce qui concerne l'excitation de leur organe du flair ; en décrivant des cercles, ils opposent successivement la surface de leur muqueuse nasale aux différents vents, jusqu'à ce qu'ils trouvent celui qui leur assure la meilleure orientation[1].

Lorsque, leurs études préliminaires terminées, les pigeons voyageurs sont ensuite transportés d'emblée d'une distance de 500 kilomètres à une distance de 1.000 kilomètres et davantage (comme par exemple les pigeons belges transportés d'Orléans à Bordeaux), où leur sens de la vue, même aidé du souvenir des expériences accumulées, n'est plus suffisant, ils n'en sont pas moins capables de s'orienter grâce à leur connaissance des directions des vents. C'est une expérience bien connue que les pigeons voyageurs réussissent rarement à s'orienter à travers les Alpes. C'est ainsi que, de 1.500 pigeons lâchés à Rome il y a plusieurs années, sept seulement retournèrent à leur foyer. Les obstacles formés par les montagnes ne suffisent pas d'expliquer à eux seuls les échecs de ce genre. Pourquoi en effet les Pyrénées n'opposeraient-elles pas aux pigeons les mêmes obstacles? *Il me semble que ce qui égare les pigeons dans les Alpes, ce sont les vents inconnus, irréguliers, changeant souvent de direction, et d'une température très froide.* Les glaciers des Alpes et leurs vastes champs de neige sont de nature à opposer de réels obstacles à l'orientation des pigeons voyageurs revenant d'Italie.

L'interprétation que nous venons de donner des observations et essais préliminaires sur l'orientation des pigeons voyageurs, et probablement aussi des oiseaux migrateurs, peut se résumer dans les trois propositions suivantes : 1° *L'orientation à distance repose en partie sur des actions*

1. Les écrevisses, les poissons et les oiseaux aquatiques qui nagent dans l'eau à courant rapide, se dirigent en général la tête *contre* le courant. Ils le font d'une façon tout à fait instinctive, car ce n'est que dans cette position qu'ils sont à même de s'orienter à coup sûr et, être maîtres de leurs mouvements. Lorsque nous sommes surpris par une bourrasque, nous nous plaçons *contre* le vent afin de ne pas être emportés.

conscientes, et non seulement instinctives, de nature réflexe ;

2° *Cette orientation s'accomplit pincipalement à l'aide de deux sens : du sens de la vue et d'un sens spécial du flair ayant son siège dans la muqueuse du nez et peut-être, aussi, dans celle du sinus frontal. Ce dernier sens peut être indépendant de l'odorat. Il est probable que son activité est excitée principalement par les qualités des vents (direction, intensité, température, etc.) ;*

3° *Les canaux semi-circulaires ne servent aux pigeons voyageurs que pour l'orientation dans l'espace ambiant. Ils ne jouent donc dans l'orientation à distance que le rôle d'organes auxiliaires.* Ainsi que nous l'avons dit, les services que les canaux semi-circulaires rendent dans cette orientation peuvent être comparés à ceux que rend le *gouvernail* d'un vaisseau au cours de la navigation, tandis que le sens du flair du labyrinthe nasal remplit l'orifice d'une *boussole.*

§ 8. — L'orientation dite géotropique.

Plusieurs physiologistes, en étudiant les mouvements des organismes inférieurs, crurent qu'il y avait avantage d'introduire dans les recherches sur leur orientation la notion du géotropisme, qui joue un certain rôle dans la physiologie des plantes. C'est ainsi que l'orientation géotropique a été introduite tout d'abord dans la physiologie des animaux inférieurs. Se souvenant du défunt sens *statique*, on a essayé de le ressusciter sous la dénomination du sens *géotropique* et même d'expliquer par le géotropisme l'orientation des animaux pourvus d'*otocystes.*

La première tentative d'attribuer au géotropisme la cause des mouvements libres et volontaires des animaux appartient à Jacques Loeb. Le caractère osé d'une pareille tentative ne lui a pas échappé ; mais il crut pouvoir la justifier par la considération suivante : « L'expression géotropisme prise en elle-même signifie seulement que l'orientation dépend de la pesanteur, sans aucune indication quant au mécanisme de cette dépendance. Ce serait donc user d'une scolastique

pure et mal placée que de déclarer qu'une pareille dépendance pourrait bien exister chez les animaux immobiles, mais pas chez ceux qui se déplacent. »

L'expression géotropisme signifie mouvement sous l'action de la pesanteur; elle ne peut donc s'appliquer que difficilement à des phénomènes tels que l'orientation dans l'espace (Cyon) ou l'orientation locomotrice (Yves Delage) dont il s'agit ici. Même en donnant à la notion du géotropisme l'interprétation la plus large, on ne parvient pas à supprimer cette difficulté. Tout avantage de l'application du géotropisme forcé disparaît dès l'instant, où on reconnaît d'avance qu'elle ne donne aucune indication sur le mécanisme de l'orientation par la pesanteur.

La première application du géotropisme a été celle que Loeb avait essayée en vue de l'explication de certains mouvements de Cucumaria cucumis. Ce n'est que plus tard qu'il se laissa entraîner au géotropisme pour expliquer également certains mouvements des vertébrés. « Les animaux supérieurs se déplaçant librement subissent dans une certaine mesure la contrainte, qui les force à adopter une orientation déterminée par rapport au centre de gravité de la terre. Ceci est vrai notamment pour les poissons qui, lorsqu'ils nagent où sont couchés, s'orientent par rapport au centre de gravité de la terre de telle sorte que c'est toujours le ventre et jamais le dos qu'ils dirigent en bas... » La cause de cette attitude forcée des poissons, le ventre en bas, dépend d' « actions qui, ainsi que nous le savons, se produisent dans un organe parfaitement défini, à savoir dans l'oreille interne ». Loeb croyait encore à cette époque au sens statique; il admettait que les appareils otolithiques étaient les organes sur lesquels le géotropisme exerce son action.

Si tous les poissons, oiseaux, batraciens et la plupart des vertébrés dirigent leur surface ventrale en bas, et cela aussi bien au repos que pendant les mouvements, cela serait donc dû à ce qu'ils y sont forcés, sous l'action du géotropisme, par les otolithes que renferme le saccule. « Rien ne s'oppose au point de vue physique, à ce qu'un tel poisson nage et reste couché le dos en bas; mais il existe en revanche des condi-

tions physiologiques qui le forcent à diriger sa surface abdominale vers le centre de gravité de la terre. » Loeb montra ensuite que « nous subissons également la même contrainte ». Si nous marchons sur les jambes et non sur la tête, la poitrine en avant, et non en arrière, si nous nageons le ventre en bas et non sur le dos, nous y sommes en réalité déterminés par des raisons *physiologiques*. Tel est également le cas des oiseaux, batraciens, etc. Quand ces animaux sont morts et exposés seulement à l'action des forces *physiques*, ils ont souvent leur côté abdominal dirigé en haut. Le cadavre humain, surtout lorsqu'il a séjourné pendant quelque temps dans l'eau, nage également sur le dos.

Tout ceci est parfaitement exact. C'est seulement dans la façon de concevoir les causes de cette contrainte, que je me sépare radicalement de Loeb. Nous nous tenons et nous marchons sur nos jambes, et non sur la tête, parce que nous y sommes forcés par la structure anatomique de notre corps; la poitrine en avant, parce que nos yeux, notre visage, etc., se trouvent en avant. Nous pouvons certes nous reposer de la nage en nous maintenant sur le dos; mais lorsque nous essayons de nager longtemps sur le dos, nous nous heurtons aussitôt à des obstacles, en partie parce que cette attitude nous permet seulement de regarder en avant, et non en arrière, en partie aussi, parce que les muscles de nos extrémités ne sont pas capables d'accomplir pendant longtemps des mouvements aussi inaccoutumés. *Les batraciens, les oiseaux, les poissons, et même les invertébrés sont soumis à la contrainte des mêmes fonctions physiologiques. Le géotropisme et l'oreille interne n'ont rien à y voir.*

Au contraire; le géotropisme, autrement dit l'obéissance du corps à l'action de forces exclusivement physiques, extérieures, ne commence qu'à la mort des animaux. *Les poissons et les écrevisses morts nagent sur le dos, comme les cadavres humains, parce que la pesanteur l'exige et que les forces musculaires susceptibles de s'opposer à la pesanteur ne sont plus là pour manifester leur action.* Cette simple réflexion est trop probante pour avoir pu échapper aux par-

tisans du sens géotropique. Mais si, sans en tenir compte ils continuaient néanmoins à chercher dans l'oreille interne la raison de l'attitude normale des animaux, cela tient surtout à leur foi en l'existence d'un sens statique, auquel d'ailleurs son inventeur, Breuer a dû lui-même renoncer en 1897, après avoir esssayé en vain en 1893, de le transformer en mon sens de l'espace. Les résultats de leurs propres recherches expérimentales n'imposent nullement l'introduction du géotropisme dans l'orientation des vertèbres.

L'expérience fondamentale de Loeb ainsi que de Bethe consiste à arracher des deux côtés, chez le requin (Scyllium canicula) les otolithes, à détruire les otocystes ou à sectionner les acoustiques. On constate alors que « toute contrainte de diriger le côté abdominal vers le centre de gravité de la terre » manque à l'animal. « L'animal n'oppose aucune résistance lorsqu'on essaie avec précaution de le coucher sur le dos, et il reste pendant longtemps dans cette attitude, si on a écarté toute cause susceptible de le faire retomber sur l'abdomen ».

L'apparition de troubles moteurs et d'équilibre à la suite de lésions du labyrinthe de l'oreille a déjà été constatée par Flourens dans le premier quart du siècle dernier. J'ai fait la même démonstration sur des poissons au cours des années soixante-dix. Yves Delage a montré, en 1887, par de nombreuses et probantes expériences sur des invertébrés que la destruction bilatérale des otocystes produit sur leurs mouvements les mêmes effets que dans les expériences de Flourens les lésions des canaux semi-circulaires des vertébrés. Il a ainsi confirmé, comme il le fait ressortir lui-même, la supposition que j'ai émise en 1878, à savoir que chez les invertébrés les otocystes jouent, au point de vue de l'orientation locomotrice le même rôle que l'appareil des canaux semi-circulaires chez les vertébrés.

En ce qui concerne tout particulièrement la *position dorsale* que les animaux adoptent après la destruction du labyrinthe de l'oreille, elle n'a échappé à aucun de ces auteurs, pas plus qu'aux autres observateurs, assez nombreux, qui ont exécuté des expériences analogues.

Tous ont constaté au cours de leurs expériences que *l'adoption de la position dorsale n'est qu'une manifestation partielle de toute une série de troubles de la motilité et de l'équilibre se produisant selon certaines lois déterminées.* Une analyse plus précise de ces troubles a même permis d'établir la façon, dont cette position se produit ou disparaît et de se rendre ainsi un compte exact du mécanisme de ce phénomène. Comme le montrent les expériences sur les grenouilles que nous avons déjà citées, *la position dorsale ne se produit que dans le cas de destruction de certains canaux semi-circulaires : les grenouilles tombent à la renverse pendant leurs sauts en l'air ; chez les lamproies, le même phénomène se produit à la suite de leur rotation autour de l'axe longitudinal.* On observe des faits analogues chez les pigeons dont on a sectionné les canaux semi-circulaires verticaux et chez les lapins dont on a sectionné les nerfs acoustiques ; ces derniers, au lieu d'adopter la position dorsale, restent couchés sur le côté, et cela pour des raisons faciles à comprendre.

L'adoption de cette position et tous les autres troubles de la motilité et de l'équilibre *résultent* ainsi que nous l'avons montré, *de la suppression des actions inhibitrices et régulatrices que le labyrinthe de l'oreille exerce sur les mouvements musculaires et des troubles de l'innervation consécutifs à cette suppression.* La tendance à rapprocher la surface abdominale du centre de la terre, n'a absolument rien à faire avec ces phénomènes. Nous en avons une preuve incontestable dans cette circonstance qu'une pareille tendance ne nous fournit aucun point de repère *pour l'explication des autres troubles moteurs, beaucoup plus importants et variés. Les otocystes avec les otolithes restent également intacts au cours de toutes ces opérations.*

Lorsqu'on couche sur le dos une écrevisse récemment retirée de l'eau, elle se retourne *en sursaut* par un effort musculaire violent et brusque. Si elle a séjourné avant quelque temps dans l'aquarium, elle ne se retourne que lentement et paresseusement par un de ses côtés. Il suffit d'exercer avec la pointe d'une aiguille une très légère pression sur l'abdo-

men, pour que l'écrevisse continue à se maintenir sur le dos. Ses otolithes sont pourtant restés intacts pendant le séjour dans l'aquarium ; elles pourraient donc obéir au géotropisme ; mais les muscles de l'écrevisse sont affaiblis, ses nerfs sont moins excitables et l'écrevisse se maintient dans la position imposée. Une fois expirée, elle garde réellement cette attitude sous l'action de la pesanteur.

Un homme intoxiqué par l'alcool *tombe le plus souvent sur le dos*, et ce n'est que péniblement qu'il se redresse ou se retourne. C'est l'affaiblissement de ses muscles et la maîtrise insuffisante de ses nerfs qui font de lui une victime résignée du géotropisme. Il en est de même des individus atteints de paralysies musculaires.

Les observations sur les souris dansantes opposent un démenti éclatant à l'hypothèse géotropo-statique. Ces animaux, qui possèdent un labyrinthe rudimentaire, gardent leur équilibre et la position ventrale d'une façon parfaite. Ils ne sont toutefois capables d'orienter leurs mouvements que dans une seule direction de l'espace. Ils ne perdent la faculté de conserver cette position d'équilibre et d'être maîtres de leurs intensités d'innervation, que lorsqu'ils ont été momentanément aveuglés. Au cours de troubles moteurs qui apparaissent alors et qui, ainsi que nous l'avons montré plus haut, sont tout à fait identiques à ceux que provoque la destruction de tous les canaux semi-circulaires, *ils tombent le plus souvent sur le dos* et ne reprennent que péniblement leur position abdominale. Quel rapport peut-il y avoir entre le géotropisme et son action sur les otocystes et les otolithes d'un côté, et les yeux de l'autre ? Les expériences de Steiner relatives à l'extirpation des otolithes chez le requin ont d'ailleurs donné des résultats tout à fait opposés à ceux décrits par Loeb et Bethe. On peut en dire autant des expériences de Laudenbach sur le *Siredon pisciformis*.

Clarke a déjà montré qu'on ne trouve pas d'otolithes chez certaines écrevisses qui sont « great runners and swimmers ». Dans une de ses études, Hensen écrit au sujet de cette question : « Les Ocypodes, parmi les écrevisses, courent le long de la côte avec la rapidité d'un cheval au galop,

et pourtant, comme tous les Brachyures, parmi les écrevisses, elles ne possèdent pas, à ma connaissance, la moindre trace de ces otolithes, qu'on prétend si indispensables. Les otolithes des scalèphes ne peuvent agir statiquement, car à chaque mouvement de natation ils influencent nécessairement le milieu sous-jacent à tel point que l'action de la pesanteur doit être nulle en comparaison »... L'existence d'otolithes chez les limaçons pourvus d'une coquille prouverait également, d'après Hensen, leur inutilité en vue du rôle que veut leur faire jouer l'hypothèse géotrope[1].

On est donc forcé de reconnaître que la tentative de sauver le sens statique à l'aide du géotropisme a complètement échoué. Le sens statique ne possédait une certaine vitalité que grâce au caractère vague, tout à fait indéterminé de son nom. Dès que des chercheurs sérieux eurent essayé de lui donner une signification précise, en le transformant en sens géotropique, l'insuffisance complète de l'hypothèse devait nécessairement se révéler à tous.

Dans un très remarquable travail exécuté sous la direction de Loeb, E.-P. Lyon a abouti également à des conclusions *qui démontrent l'inanité des hypothèses sur les sens statique et géotrope, ainsi que du sens de la rotation*. Les animaux sur lesquels Lyon avait expérimenté sont les crustacés, les poissons, les insectes qui tous avaient été soumis à des expériences de rotation, dans le but d'observer les mouvements, auxquels Breuer a donné le nom de *compensateurs*. Le choix du turbot proposé par Loeb en vue de ces expériences a été particulièrement heureux, à cause de la bizarre déformation de sa tête et de la façon singulière dont ses yeux sont placés. Mais les expériences de Lyon n'ont pas porté seulement sur les rotations ; il a aussi eu recours aux excitations des canaux semi-circulaires, aux destructions des otocystes, à l'ablation des otolithes et à l'aveuglement des animaux.

1. Le caractère purement imaginaire des prétendues expériences que Frédéric Lee affirmait avoir exécuté sur les requins et qui se rapportent à la question du géotropisme a été démontré par moi dès 1897. Voir aussi la note dans « *Das Ohrlabyrinth,* » etc., pp. 230-231.



Les nombreux résultats de ces recherches expérimentales, très minutieuses, concordent sur tous les points, en ce qui concerne les prétendus mouvements compensateurs, selon la conception que j'ai toujours soutenue, que notamment ces mouvements ne présentent aucun rapport avec le labyrinthe de l'oreille. Ils se produisent aussi bien chez les vertébrés que chez les invertébrés, que ces derniers possèdent ou non des otocystes. La destruction des canaux semi-circulaires, ainsi que l'ablation des otocystes, faite avec précaution ne sont pas de nature à empêcher la production de ces mouvements. Seul l'aveuglement des animaux peut les affaiblir considérablement ou les faire disparaître complètement chez les insectes. Bref : il s'agit exclusivement *de mouvements de défense* des animaux contre des rotations inaccoutumées. Leur désignation par le terme *compensateurs* doit être abandonnée, car la notion même de compensation que ce terme implique est fausse.

Deux points du travail de Lyon méritent encore d'être relevés. Nous apprenons, page 104, que Loeb a fini par se rendre compte, lui aussi, que ses expériences antérieures sur l'ablation des otolithes chez les requins par le rinçage étaient en réalité défavorables à son hypothèse des otolithes. Ce n'est pas *l'ablation* des otolithes qui, lors de leur *grattage*, provoque les troubles moteurs connus, mais bien, ainsi que Steiner l'avait déjà affirmé, l'excitation des terminaisons nerveuses inhérentes à ce procédé. Le deuxième point se rapporte à l'action de la lumière et des couleurs sur les mouvements en question. Dans un travail plus ancien, Loeb avait émis cette hypothèse que la lumière est capable de provoquer des contractions musculaires. Les expériences de Lyon relatives à l'influence de la lumière colorée sur les mouvements oculaires semblent confirmer cette supposition.

La tentative d'expliquer les phénomènes d'orientation par le géotropisme ou l'héliotropisme, en prenant par base les observations faites sur des animaux inférieurs, était plus que risquée. « L'étude des êtres inférieurs est surtout utile à la physiologie, parce que chez eux la vie existe à l'état de nudité, pour ainsi dire » : cet avertissement de Claude

Bernard, j'ai eu, au cours de ces dernières années, plus d'une fois l'occasion de le rappeler aux expérimentateurs qui, sous l'impression des quelques découvertes intéressantes, faites en étudiant les animaux inférieurs, se sont trop légèrement hasardés à les appliquer, par simple analogie, à l'interprétation des processus beaucoup plus compliqués chez les vertébrés supérieurs. Les savants éminents, grâce auxquels la physiologie comparée a fait, dans ces dernières années, des acquisitions si importantes, n'auraient jamais dû oublier, à quels errements pareille tendance peut donner lieu. Certains auteurs, qui eux-mêmes n'ont jamais expérimenté sur le tropisme, ont eu le grave tort de vouloir expliquer par ce facteur le fonctionnement du labyrinthe chez les vertébrés supérieurs, et même chez l'homme. Cela est aussi risqué que de vouloir expliquer par l'héliotropisme les mouvements, qu'exécute l'animal pour se mettre à l'ombre, afin de se protéger contre les rayons solaires, ou les mouvements que l'homme fait pour faire usage des ombrelles et des éventails. Même un acte réflexe aussi simple que le mouvement du clignement des yeux, sous l'action d'une lumière trop vive, n'a rien à voir avec l'héliotropisme.

§ 9. — Différenciation des fonctions du labyrinthe de l'oreille; l'orientation dans l'espace et le temps.

Il a été suffisamment démontré dans les paragraphes précédents que sur deux propositions de ma théorie relative au mode de fonctionnement des canaux semi-circulaires, un accord presque complet a fini par s'établir entre tous les expérimentateurs. L'accord porte *sur le rôle décisif que les canaux semi-circulaires jouent au point de vue de l'orientation dans les trois directions de l'espace, de la distribution, de la mensuration des forces et des durées d'innervation dans les centres nerveux moteurs participant à cette orientation.*

Le défenseur le plus autorisé du fonctionnement exclusivement acoustique de l'oreille, Hensen a lui-même, reconnu que le labyrinthe de l'oreille se prêtait à merveille pour

l'orientation. Ce qu'il combattait énergiquement jusqu'alors, c'était l'hypothèse que les otholites jouent un rôle quelconque dans cette orientation, ainsi que la prétention de considérer les phénomènes d'équilibre ou de rotation comme des fonctions sensorielles.

Afin d'arriver au même accord au sujet de la nature des sensations que provoque l'excitation du labyrinthe de l'oreille, on doit pouvoir donner tout d'abord des renseignements plus précis sur la nature des excitateurs normaux des différentes parties du labyrinthe. Dans mon premier travail, datant de 1873, je me suis déjà prononcé en faveur des excitations acoustiques, que je considérais comme les facteurs présidant à la direction et à la production des mouvements par l'appareil des canaux semi-circulaires. A cette occasion, j'ai tout particulièrement insisté sur le rythme et la mesure de nos perceptions auditives, dont l'influence sur la sphère motrice était connue depuis longtemps. La continuation de ces recherches m'a permis d'édifier la théorie, d'après laquelle les canaux semi-circulaires seraient la source de nos sensations de direction et de faire ressortir le rôle qui leur revient dans nos représentations d'un espace à trois dimensions. Mais j'ai reconnu en même temps la nécessité de soumettre à une étude beaucoup plus approfondie la question relative à la nature des excitations des nerfs ampullaires et sacculaires.

Je disais notamment, dans mon travail de l'année 1878, § 29 : « Il nous reste à examiner la question extrêmement obscure, dont l'étude exige les plus grandes précautions et offre beaucoup de difficultés. Obligés d'admettre que les canaux semi-circulaires sont les organes périphériques du sens de l'espace, nous avons été conduits à formuler de la façon suivante la question relative à leurs excitateurs : quelle est l'excitation spécifique qui, agissant sur les terminaisons nerveuses distribuées dans cette partie du labyrinthe de l'oreille, fait naître les sensations de direction grâce auxquelles nous sommes à même de former nos représentations spatiales ? »

A la suite d'une analyse approfondie des différentes hypothèses relatives aux causes d'excitation des nerfs ampullaires,

je suis arrivé en 1897 à la conclusion suivante : « Une seule chose est certaine : aucune raison sérieuse n'empêche d'admettre que l'excitation des organes périphériques des nerfs ampullaires puisse être produite par les vibrations de l'air ou de l'eau, soit directement, à travers le conduit auditif externe, soit indirectement, par la voie crânienne. C'est parmi les excitants connus des fibres sonores de l'acoustique qu'on doit chercher tout d'abord les causes d'excitation du nerf vestibulaire ». Je me suis convaincu définitivement, plusieurs années plus tard, qu'une différenciation des diverses fonctions et leur localisation dans les diverses parties du labyrinthe était une nécessité absolue, qu'il était impossible d'éluder. Après avoir établi avec quelque certitude cette localisation, on pouvait enfin entreprendre, avec quelque chance de succès, la solution de la question des excitateurs normaux des différentes terminaisons nerveuses du nerf auditif.

Dans l'état actuel de la question relative au mécanisme de l'orientation dans l'espace par l'intermédiaire des canaux semi-circulaires, il est évident que nous nous trouvons en présence de deux processus qui doivent être séparés dans le temps : 1° la sensation des trois directions et 2° la régularisation des intensités d'innervation. La première repose sur une excitation *momentanée*, la dernière sur une excitation *continue*. Quel que soit le moment où l'arrêt des fonctions du labyrinthe de l'oreille se produit, l'apparition des mouvements violents devient inévitable. Au contraire, les excitations qui rendent l'orientation possible, en provoquant les sensations de direction, n'ont nullement besoin d'être continues. Une simple réflexion suffit pour en comprendre la raison.

Il faudrait donc tout d'abord élucider, si ces différences des effets tiennent à des causes d'excitation diverses ou à ce que les terminaisons des nerfs vestibulaires *subissent l'action d'une excitation de même nature*, *et que seules leur durée et leur intensité varient*. Cette dernière supposition présente l'avantage d'être la plus simple ; elle s'accorde d'ailleurs bien mieux avec les faits expérimentaux connus et avec les principes fondamentaux de la physiologie.

Les excitations acoustiques, c'est-à-dire produites par les

vibrations de l'air et de l'eau, peuvent-elles suffire à provoquer aussi bien les excitations *momentanées* que les *continues?* Sans doute.

« Notre oreille n'est jamais absolument sans sensation, dit avec raison Hensen, car toutes les fois que nous y prêtons attention, nous percevons dans notre organe auditif une excitation sonore quelconque. Le sentiment du silence ne repose pas sur l'état de repos complet de notre oreille ; il n'est qu'une appréciation du peu d'intensité des bruits qu'elle entend, et, dans le meilleur cas, l'appréciation du degré de trouble que les bruits entotiques apportent à notre ouïe. » Ces derniers bruits doivent être pris en considération en premier lieu. Les bruits subjectifs, surtout ceux qui doivent leur origine à la circulation du sang, jouent selon toute vraisemblance un rôle des plus importants dans les excitations *continues*.

De même que les *mouches volantes* et autres phénomènes entoptiques, ces bruits n'arrivent pas toujours à notre perception, parce que nous y sommes habitués et que nous ne leur prêtons pas une attention suffisante. Mais il suffit le plus souvent de concentrer sur eux l'attention pendant quelque instants, pour les percevoir sans difficultés. C'est ainsi qu'on arrive souvent à entendre des bruits bourdonnants et résonnants sous la voûte cranienne, le plus souvent dans la région occipitale et au niveau des apophyses mastoïdes. Ces bruits sont synchrones aux palpitations cardiaques.

Toutes ces excitations *continues* et d'autres analogues, entretiennent les terminaisons nerveuses du labyrinthe de l'oreille dans un état d'excitation permanente, sans provoquer des mouvements quelconques. *Les processus d'inhibition et d'excitation des centres nerveux des deux moitiés du corps se font équilibre.*

Nous avons donc à faire ici à des processus analogues à ceux par lesquels les nerfs sensitifs de la peau entretiennent les centres de coordination de la moelle épinière en état d'excitation tonique. Une pression légère s'exerçant *constamment* sur les fibres nerveuses augmente leur excitabilité. Les terminaisons nerveuses des saccules se trouvent ainsi, du fait de la tension du liquide labyrinthique, dans des conditions

particulièrement favorables, pour être sensibles même à de faibles excitations.

Dans les actions croisées des nerfs auditifs, l'excitation des canaux d'un côté peut supprimer l'inhibition provenant de l'auditif correspondant du côté opposé. Ce jeu des antagonistes empêche les mouvements inutiles. Pour qu'un mouvement se produise, il faut qu'une excitation *unilatérale* momentanée venant s'ajouter aux excitations existantes, réussisse à vaincre les inhibitions, qu'il s'agisse d'une impulsion volontaire, d'une excitation acoustique externe ou bien d'une excitation électrique ou mécanique, exercée directement sur les nerfs des canaux semi-circulaires.

Parmi les excitateurs normaux *instantanés* des nerfs ampullaires, on doit considérer en première ligne les ondes sonores. Les actions de ces excitateurs qui suppriment les inhibitions peuvent être comparées à une brusque élimination de résistance qui se produit dans un rhéocorde, grâce à la formation de courants d'induction secondaires. *La direction dans laquelle se produit le mouvement provoqué est déterminée par le choix du canal semi-circulaire, qui subit l'excitation, ou dont les actions inhibitrices sont supprimées.*

L'excitation par un son extérieur, lorsque celui-ci fait naître un mouvement dans une direction déterminée, provoque *la sensation de direction* correspondante. La répétition de sensations de ce genre permet de déterminer la direction du son et rend possible une perception de direction, sans qu'un mouvement correspondant des globes oculaires, de la tête ou du corps soit indispensable.

L'excitation *continue* des terminaisons nerveuses inhibitrices des otocystes par les bruits entotiques et analogues, par les pulsations rythmiques, par la tension ou la composition des substances chimiques de l'endolymphe et de la périlymphe, ainsi que l'excitation *intermittente* par les centres extérieurs, suffisent à expliquer les phénomènes des mouvements et de leur inhibition dont il s'agit.

Les bruits en tant qu'excitations continues agissent sur les poils courts de la tache acoustique des saccules ; ces derniers pourraient donc contribuer à la conservation de l'équi-

libre pendant le repos. Les poils acoustiques des ampoules, excités plus spécialement par les vibrations sonores de l'air, servent à déterminer les directions des sons et produisent les sensations de direction.

Depuis les résultats des expériences de Delage, Hensen et autres sur les otocystes des invertébrés, une pareille différenciation s'impose d'elle-même. Les mouvements forcés qui surviennent aussitôt après l'ablation ou la lésion des otocystes et l'incapacité consécutive des animaux de recouvrer, à la suite de ces opérations, leur faculté d'orientation normale, s'expliquent aisément par la perte des appareils d'inhibition qui servent à accumuler dans les centres cérébraux les excitations provenant de toute la sphère sensitive. Les otocystes remplissent jusqu'à un certain degré l'office *d'accumulateurs des forces d'excitation* dans les centres nerveux pendant le repos, et celui *d'énergomètre* (voir plus haut, chap. III, § 7-8) lors de l'innervation des nerfs moteurs.

Les otolithes servent soit de modérateurs des vibrations des poils acoustiques, soit d'appareils destinés, grâce à une pression légère et constante qu'ils exercent sur les poils, à maintenir ceux-ci dans un état d'excitabilité favorable, et à assurer la persistance de leur excitation. Waldeyer, Helmholtz et d'autres avaient déjà montré qu'on doit avant tout attribuer aux otolithes le rôle de modérateurs.

Les faits expérimentaux exposés tout au long dans les paragraphes 7, 8 et 9 du chapitre précédent ont mis fortement en relief l'importance du labyrinthe de l'oreille au point de vue de la régulation et de la mensuration des innervations des centres cérébraux moteurs. Ces faits ont rendu actuellement possible, en ce qui concerne les fonctions des diverses parties du labyrinthe de l'oreille, une différenciation plus précise. Dans l'état actuel de nos connaissances, cette différenciation se présente de la façon suivante : 1° Les canaux semicirculaires forment, avec les nerfs ampullaires, l'organe spécial des sensations de direction ; 2° les otocystes, en tant qu'appareils de régulation des innervations, au point de vue de leur durée, de leur intensité et de leur succession, rem-

plissent les fonctions d'un énergomètre[1]. Chez les animaux invertébrés, dont les mouvements se produisent le plus souvent par voie réflexe, le rôle le plus important des otocystes consiste à produire des inhibitions en vue de l'emmagasinement de forces d'excitation et la mensuration d'excitations dans les centres moteurs, cette intervention se produit également, vu l'étendue de leurs mouvements, par voie réflexe.

Il s'agit maintenant de savoir si les sources d'excitations que nous avons citées plus haut comme produisant les mouvements continus des otocystes chez les invertébrés, sont susceptibles de remplir, chez les mêmes animaux, le rôle d'énergomètre.

On doit considérer comme un des arguments les plus importants cités par Hensen en faveur du rôle acoustique des otocystes chez les invertébrés, les preuves anatomiques témoignant que leurs poils acoustiques sont accordés pour différents sons élevés. « Comme nous trouvons ici des appareils différenciés, on doit admettre leur nécessité et utilité : on n'entrevoit pas pour le moment d'autre explication que l'explication acoustique ; plus que cela : l'action acoustique de ces appareils est, ainsi que nous l'avons dit, nécessaire au point de vue physique. »

Il s'agit seulement de savoir, si la différenciation des poils, dits acoustiques, de l'otocyste doit être considérée comme une preuve que les saccules servent à assurer l'ouïe chez les invertébrés. Cette différenciation acoustique des appareils terminaux des fibres nerveuses de l'otocyste ne pourrait-elle pas tout aussi bien être là pour permettre à l'énergomètre de remplir son rôle physiologique ? Une graduation très exacte des innervations, quant à leur intensité et à leur durée, doit s'accomplir dans les centres moteurs du cerveau lors de la production de mouvements, aussi bien volontaires que réflexes. Les poils acoustiques différemment accordés seraient éminemment propres à faire parvenir aux contractions musculaires, au moment de leur production, la mesure d'innervation qui leur revient. *Les otocystes remplissent dans ce cas les fonc-*

1. Voir chap. III, § 8.

tions d'un appareil automatique de calcul et de mesure.

La question de la faculté auditive se présente, chez les vertébrés, autrement que chez les poissons ou les grenouilles. Tant que les animaux sont capables d'émettre certains sons et possèdent en même temps des canaux semi-circulaires, quel qu'en soit le nombre, on n'est pas autorisé à leur refuser toute faculté auditive. *Pour pouvoir reconnaître la direction des bruits et des sons, il faut bien qu'ils entendent, quelle que soit d'ailleurs la nature des ondes sonores.* Il serait néanmoins exagéré de parler de poissons ou de grenouilles *musicalement doués.* Le coassement de la grenouille et les « growling sounds » que W. Sörensen a observés chez certains poissons de l'Amérique du Sud, ont aussi peu à faire avec la musique, que le chuchotement, le bourdonnement « le grognement, le craquement, le sifflement et autres émissions de sons de même nature » (Hensen). On pourrait plutôt admettre que des animaux réellement doués musicalement, s'abstiendraient de faire des bruits pareils. Ces émissions de sons ne constituent le plus souvent que des mouvements instinctifs, auxquels les animaux se livrent pendant l'époque du rut et qui ont par conséquent pour but d'attirer le mâle ou la femelle. Elles sont de nature plutôt *sexuelle* que *musicale.* L'expérience de coassement faite par Goltz le prouve d'une façon suffisamment claire, et nous avons cité, dans les paragraphes précédents, quelques observations sur les souris dansantes japonaises, qui témoignent dans le même sens.

On sait que Helmholtz a déjà fait ressortir que seules les fibres de Corti paraissent, vu leur structure, susceptibles d'accomplir des vibrations persistantes, tandis que les poils acoustiques ne peuvent, à cause de leurs faibles dimensions, vibrer pendant un temps plus ou moins long. Si en effet les poils remplissent le rôle d'énergomètres, destinés à graduer instantanément les innervations à émettre, une *persistance* du mouvement ne serait ni nécessaire ni désirable. Les otolithes suspendus dans un liquide muqueux et que je suis disposé, avec Waldeyer, Helmholtz et autres à considérer comme des modérateurs de vibrations, pourraient servir à imprimer une certaine résistance à des terminaisons nerveuses du saccule

en état d'excitation, qui empêcherait la dispersion des forces d'innervation accumulées dans les centres cérébraux. On a pris l'habitude de considérer le saccule et l'utricule comme fonctionnellement équivalents. En présence de la difficulté de soumettre les saccules des vertébrés isolément à des épreuves expérimentales irréprochables, il n'est pas aisé d'établir avec précision une différenciation de leurs fonctions. En réalité, les mouvements violents que quelques expérimentateurs, tels que Sewall, Steiner et autres, ont décrits comme survenant à la suite des lésions ou des destructions de ces organes, sont loin d'être identiques pour les deux saccules. Ne pourrait-on pas admettre qu'un utricule fonctionne exclusivement ou principalement comme *appareil d'inhibition*, et par conséquent comme *accumulateur* des excitations, tandis que l'autre (le saccule) remplit le rôle d'un *appareil de distributeur* d'innervations ? (Voir chap. III, § 7 et 8.)

Les choses se passent tout autrement chez les vertébrés. Leurs mouvements sont incomparablement plus variés. L'intervention de la volonté et des influences psychiques, la grande sensibilité des sphères sensitives étendues, et la nécessité de s'adapter sans cesse aux actions variables du milieu, compliquent à l'infini la tâche des centres moteurs. La régulation des innervations nécessaires, la graduation de leurs intensités et durées, lors de l'exécution de mouvements rationnels, et à l'aide de combinaisons toujours changeantes de muscles et de groupes musculaires, exigent des appareils de mesure d'une finesse et d'une précision tout à fait extraordinaires. Les appareils terminaux périphériques et centraux des nerfs des otocystes ne peuvent aucunement à eux seuls remplir le rôle d'un énergomètre chez les vertébrés. L'intervention des centres cérébraux, auxquels aboutissent les terminaisons des nerfs vestibulaires ainsi que celles des nerfs acoustiques paraît indispensable. Les opérations de mensuration des forces d'innervation, qui varient à l'infini dans le temps et dans l'espace, exigent en effet le concours *d'appareils de calcul* très compliqués. L'intervention d'*un sens du temps* est indispensable pour les opérations en question.

Ce sont des considérations de cette nature qui m'amenè-

rent à rechercher les rapports fonctionnels qui pourraient exister éventuellement entre l'organe du sens du temps et l'organe périphérique des sensations de direction qui se trouvent dans l'oreille.

C'est ainsi, qu'à l'occasion de l'analyse approfondie des fonctions des parties du labyrinthe considéré comme appareil de mesure, j'ai essayé de donner une solution physiologique du problème du temps. Les premiers résultats de mes études furent communiqués dans l'*Archiv de Pflüger* et dans la *Revue Générale des Sciences*, 1907.

Voici quelles furent les premières conclusions de mes études :

Nous avons dit que les cellules ganglionnaires de certains centres nerveux sont à même, lors de la distribution des forces d'excitation accumulées, de mesurer avec précision le nombre de ces forces qu'exige l'excitation de chaque muscle, ainsi que la durée de cette excitation, et cela sous l'influence des impulsions ayant leur point de départ dans le labyrinthe de l'oreille. Pour que ce résultat soit possible, il faut que les centres en question possèdent des appareils de calcul spéciaux : ces centres ganglionnaires ne peuvent être que les appareils terminaux de l'organe de Corti. Cette nécessité et d'autres faits encore [1], nous forcent d'admettre que le sens du temps repose sur une association entre *une des sensations de direction des canaux semi-circulaires d'un côté, et les appareils de calcul de l'organe de Corti et de ses centres, d'un autre côté.* De même que les trois sensations de direction des canaux semi-circulaires nous imposent le concept d'un espace à trois dimensions, de même nous sommes autorisés à localiser un des deux facteurs qui interviennent dans la formation de notre concept du temps notamment la *direction* (*avant et derrière*) *dans le canal sagittal et le deuxième, le nombre* (*lorsqu'il s'agit de la durée et du rythme de durée*), *dans le limaçon. Les hauteurs*

1. La partie philosophique et mathématique des fonctions du labyrinthe comme organe des sens pour l'espace, le temps et le nombre est développé tout entier dans le chapitre I, II et III de *Dieu et Science*, paru chez Félix Alcan 1910; voir aussi les chap. VI et VII. de *Das Ohrlabyrinth als Organ der mathematischen Sinne fur Raum and Zeit.*, Berlin, 1908. Julius Springer, éditeur.

des sons nous fournissent la notion des nombres. L'organe du sens du temps a donc également son siège dans le labyrinthe de l'oreille. La notion du temps se forme grâce à des associations qui ont lieu dans les centres cérébraux où se rencontrent les perceptions des sensations de direction des canaux semi-circulaires avec les sensations sonores de l'organe de Corti. C'est à ces dernières sensations se rapportant à des sons de hauteurs différentes que nous devons la connaissance du nombre et du temps.

Mes recherches antérieures ont montré que les canaux semi-circulaires doivent être considérés comme l'organe du sens géométrique, et nous avons démontré ailleurs que l'organe de Corti peut réclamer le droit d'être considéré comme l'organe du sens arithmétique. Bref, le labyrinthe de l'oreille renferme deux organes de sens mathématiques : celui de l'espace, celui du nombre et du temps. La direction est par sa nature indivisible et illimitée. Aussi est-ce aux sensations de direction des canaux semi-circulaires que nous devons nos représentations de l'infini du temps et de l'espace (Voir la note précédente).

La différenciation des divers organes du labyrinthe de l'oreille, d'après leur fonctionnement physiologique, se présenterait donc, dans l'état actuel de nos connaissances, de la façon suivante : les otocystes ne remplissent très probablement aucune fonction sensorielle ; ils servent de véritables appareils d'inhibition pour accumuler les forces d'excitation dans les centres moteurs du cerveau pendant leur repos et pour mesurer l'énergie pendant leur activité. Chez les invertébrés, les otocystes suffisent donc *seuls* à assurer la fonction de l'orientation dans l'espace. Leurs organes de la vue et du toucher ne remplissent que le rôle d'organes auxiliaires. Chez les vertébrés, au contraire les otocystes ne peuvent remplir ces fonctions très compliquées qu'avec le concours efficace des organes senroriels du labyrinthe ainsi que de leurs centres nerveux, c'est-à-dire avec le concours des canaux semicirculaires avec leurs ampoules, et du limaçon avec l'appareil de Corti. *Les perceptions des trois sensations de direction fournies par les nerfs ampullaires forment la première compo-*

sante principale de nos connaissances spatiales; la deuxième composante du sens de l'espace repose sur l'appareil de calcul de l'organe de Corti. La composante principale du sens du temps (durée) est fournie *par les mécanismes de calcul fournis par les sensations auditives, la deuxième (succession) par les sensations de la direction sagittale des canaux sagittaux.*

CHAPITRE V

ERREURS DANS LA PERCEPTION DES DIRECTIONS PAR LE LABYRINTHE DE L'OREILLE

§ 1. — Introduction.

L'étude des illusions des sens forme un des moyens auxiliaires les plus précieux susceptibles de nous faire comprendre le mécanisme intime du fonctionnement des sens supérieurs. Les erreurs ou illusions de notre perception des objets extérieurs dans certaines conditions créées artificiellement, ou données naturellement, présentent encore une importance toute particulière lorsqu'il s'agit de pénétrer dans le domaine psychologique en prenant pour base les faits et les lois établis par la physiologie des sens.

La nécessité de recourir à l'expérimentation sur l'homme afin de compléter la détermination des fonctions de l'organe du sens spatial, s'est déjà imposée vers la fin des années soixante-dix, lorsque la théorie de ces fonctions fut développée pour la première fois. J'ai institué alors un nombre considérable d'essais sur les illusions spatiales, dont les résultats m'ont permis de donner une base plus solide à ma conception du fonctionnement du labyrinthe. C'est ainsi que j'ai réussi, dès cette époque, à prouver que, contrairement aux conceptions erronées alors en vigueur, les sensations dites de vitesse et d'accélération étaient sans rapport aucun avec le labyrinthe de l'oreille. Mais plus une erreur est grossière, plus sa dissipation est difficile. Celles qui ont été réfutées jadis d'une façon décisive reviennent de nos jours, grâce à quelques otologistes viennois, qui cherchent à rajeunir les doctrines erronées abandonnées par Mach lui-même depuis longtemps ;

Baràny et d'autres s'appliquent avec zèle à reprendre, en se servant de méthodes graphiques et du fauteuil tournant, les expériences de Mach et Breuer sur le nystagmus, expériences dont j'ai montré, dans les chapitres II et III, le manque total de valeur. Quelques ophtalmologistes fascinés par la ridicule désignation de tonus labyrinthique, semblent prendre au sérieux ces méthodes pleines d'erreurs. Il serait inutile de revenir encore à ces aberrations. Plusieurs otologistes commencent à reconnaître combien il est fastidieux de vouloir ressusciter le sens de rotation ; les ophtalmologistes suivront leur exemple, eux qui ont tant d'occasions de voir que le vertige visuel peut se produire tout à fait indépendamment de l'oreille.

Un des résultats les plus importants qui m'ont été fournis par cette série d'expériences consistait dans la possibilité acquise de reconnaître la véritable nature du vertige visuel. J'ai été notamment à même d'apprécier à leur valeur et de faire valoir de nouveau les expériences et théories capitales de Purkinje sur l'origine et les causes du vertige par rotation (voir chapitres II et III).

C'est également à cette question que se rapportent mes observations communiquées antérieurement et relatives aux erreurs dans les sensations de direction. Ces observations m'ont permis de faire la constatation importante que les illusions dont il s'agit portent seulement sur le *sens* des directions.

Nous nous trompons au sujet du droit ou du gauche, du dessous ou du dessus (dans l'ascension en ballon)[1], de l'avant et de l'arrière (dans les voyages en chemin de fer), mais nous ne confondons jamais la direction verticale avec l'horizontale, ou celle-ci avec la sagittale. Je ne connais aucune observation

1. En montant en ballon captif, où le mouvement s'accomplit sans secousse et sans le moindre déplacement des parties de notre corps, où manquent par conséquent les excitations des appareils sensitifs, celles des cartilages, tendons, os, muscles, voire celles de la peau (en l'absence de vent), on n'éprouve ni accélérations, ni vitesses. En fermant les yeux, on n'est pas capable de se rendre compte si on monte ou si on descend. Lorsque la vue intervient, les objets se trouvant à la surface de la terre, semblent s'éloigner de nous, quand nous montons et se rapprocher quand nous descendons. Ce n'est pas nous, mais les objets extérieurs qui semblent être en mouvement.



où une pareille erreur au sujet des sensations spécifiques de direction se soit produite.

Dans le travail que j'ai publié en 1897, j'ai communiqué plusieurs expériences relatives aux illusions d'orientation dans l'obscurité. Ces expériences présentent un intérêt particulier au point de vue de l'influence que les souvenirs exercent à chaque instant sur nos représentations spatiales. Elles ont montré notamment que dans l'obscurité, les images spatiales perçues pendant quelque temps persistent dans la mémoire et sont transportées par nous involontairement et irrésistiblement sur l'espace réel momentané, et cela bien que nous soyons *conscients* qu'en réalité cet espace représente une image toute différente. Lorsqu'on se trouve dans un espace nouveau et inaccoutumé, on se voit obligé de localiser les *objets habituels* dans l'ordre spatial qui correspond, non à notre *conviction consciente*, mais aux *images-souvenirs*.

Mais dans toutes les erreurs décrites jusqu'à ce jour par moi et par d'autres observateurs et dans lesquelles on pouvait admettre la participation du labyrinthe de l'oreille, il s'agissait de phénomènes qui étaient perçus en même temps à l'aide de sensations visuelles ou tactiles. De plus, l'observateur lui-même ou les objets visibles et tangibles se trouvaient en mouvement, lors de la production de ces erreurs. *Les erreurs reposaient donc le plus souvent sur une projection erronée du champ visuel ou tactile, sur le système de coordonnées de l'appareil des canaux semi-circulaires, c'est-à-dire sur l'espace géométrique idéal qui nous est fourni par le labyrinthe de l'oreille.* C'est pourquoi l'analyse de ces erreurs présentait souvent de grandes difficultés ; il est en effet impossible, dans la plupart des cas, de faire la part de ce qui revient au labyrinthe de l'oreille, et de ce qui doit être mis sur le compte des organes visuels et tactiles. Qu'on se rappelle seulement les nombreuses controverses auxquelles ont donné lieu, depuis Purkinje jusqu'en ces temps derniers, l'interprétation des erreurs qui se produisent dans les essais de rotation. Seuls de nombreux essais de ce genre sur l'homme et sur les animaux les plus variés ont permis d'établir la *non-*

participation du labyrinthe de l'oreille dans un grand nombre de ces illusions.

Dans l'état actuel de nos connaissances relatives au fonctionnement du labyrinthe de l'oreille, alors que les vrais rapports physiologiques entre l'organe périphérique des sensations de direction et les autres organes sensoriels, plus particulièrement celui de la vue, sont élucidés dans leurs traits généraux, il est tout indiqué d'étudier la perception de *ces* sensations aussi *indépendamment* et *séparément* que possible des sensations visuelles et tactiles. On doit, si l'on veut analyser les erreurs auxquelles est sujette notre orientation dans l'espace extérieur, exclure en premier lieu *toutes celles* qui reposent sur l'orientation optique, c'est-à-dire sur l'orientation à l'aide des sensations visuelles, et *éventuellement* aussi celles qui se produisent par l'intermédiaire de l'appareil oculomoteur. Il est vrai que vu la dépendance étroite de ce dernier appareil par rapport au labyrinthe, une pareille exclusion n'est pas facile. On en verra plus d'une fois la preuve au cours de ce travail. Von Barány et ses imitateurs commencent d'ailleurs à s'en rendre compte à leur tour. En revanche, les erreurs qui se produisent par l'intermédiaire des seules impressions visuelles sont beaucoup plus faciles à éliminer : *il suffit de faire toutes les expériences sur les erreurs de perceptions de direction dans un espace complètement obscur, absolument à l'abri de toute excitation lumineuse, même momentanée.*

C'est dans ces conditions qu'ont été exécutées la plupart des expériences dont il est question ici. Ainsi qu'on le verra dans les paragraphes suivants, *on s'était le plus souvent servi, au cours de ces expériences, de méthodes présentant le maximum de simplicité et de netteté*. Ceci a paru dès le début une condition indispensable pour obtenir de nombreuses expériences sur les erreurs, des résultats clairs et parfaitement concordants. Il a fallu pratiquer ces expériences sur un grand nombre de personnes, et plus particulièrement sur celles, *qui se soumettaient aux conditions expérimentales sans parti pris*. Ces personnes devaient autant que possible ne pas être renseignées sur le but des expériences, auxquelles

on les soumettait et ne pas se douter le moins du monde qu'il s'agissait d'observations sur des erreurs. Certains auteurs, comme Kreidl et Alexander ne sont pas encore parvenus à comprendre cette nécessité qui saute pourtant aux yeux !

Il n'était pas moins indispensable de rendre les résultats obtenus tout à fait indépendants des renseignements verbaux fournis par les sujets. Ces résultats ne devaient en aucune façon être influencés par leurs jugements individuels ; *ils devaient donc être notés graphiquement, sans que les sujets puissent, du moins au cours des premières épreuves, modifier arbitrairement les tracés.*

La simplicité des méthodes employées montre que ces conditions étaient plus faciles à réaliser qu'on ne l'eût cru *a priori. La grande régularité, avec laquelle les erreurs observées se produisent chez les individus les plus variés, prouve que les méthodes choisies répondaient réellement à ce qu'on attendait d'elles.* Comme on voulait étudier les erreurs de perception des directions dans des conditions variables, les méthodes graphiques choisies devaient permettre de mesurer l'*intensité* des erreurs. Les expériences comparées n'étaient possibles qu'à cette condition, et ce n'est que grâce à elles qu'on pouvait espérer tirer des tracés obtenus des conclusions de valeur certaine sur le mécanisme intime du fonctionnement du sens spatial. Ainsi qu'on le verra dans les paragraphes suivants, cette condition a pu également être réalisée, à l'aide de la méthode choisie.

Les paragraphes qui suivent mettront en pleine lumière l'importance des résultats obtenus; c'est grâce à eux que nous sommes à même de nous rendre compte aussi bien du fonctionnement physiologique du sens spatial et de la nature de ses excitateurs normaux, que de ses rapports avec les autres organes sensoriels, et plus particulièrement avec le sens de la vue.

§ 2. — Méthodes expérimentales.

Une analyse exacte de nos erreurs de perception des trois directions fondamentales ; la verticale (haut-bas), l'horizontale

ou la transversale (droite-gauche) et la sagittale (avant-arrière), doit tenir compte des trois facteurs suivants : 1° du *sens* de l'erreur, c'est-à-dire de la déviation par rapport à la direction normale ; c'est ainsi par exemple qu'en ce qui concerne la direction verticale on doit rechercher, si la position oblique est dirigée de droite à gauche ; 2° de l'amplitude de la déviation, c'est-à-dire de l'angle que la direction apparente forme avec la direction normale ; 3° des erreurs dans les jugements relatifs aux rapports qui existent entre *une* des directions fondamentales et les deux autres ; autrement dit, il faut rechercher, dans les erreurs se rapportant à la direction verticale, les erreurs éventuelles concernant les directions horizontale et sagittale. Les rapports entre les erreurs, portant simultanément sur deux ou trois directions dans des conditions identiques, présentent une grande importance au point de vue de l'interprétation de ces erreurs, en tant qu'elles dépendent des canaux semi-circulaires. Les angles que les trois directions forment normalement, lors de leur détermination simultanée, doivent être droits, c'est-à-dire correspondre au système de coordonnées rectangulaire qui représente les trois plans de l'appareil des canaux semi-circulaires. Ils doivent par conséquent être égaux à 90°.

Certes, au point de vue anatomique, les angles formés par les trois canaux semi-circulaires n'ont pas exactement la valeur de 90°. Il nous est d'ailleurs impossible de concevoir des angles droits, *absolument exacts*, lors de la représentation figurée ou concrète d'un système rectangulaire de coordonnées. Mais, dans les circonstances ordinaires, nous transportons les images du champ visuel ou tactile, non pas *séparément* sur le système de coordonnées des canaux semi-circulaires d'un seul côté, *mais sur un système de coordonnées rectangulaire idéal, qui se forme dans notre cerveau grâce à la concordance des sensations des deux appareils des canaux semi-circulaires*. Dans ce dernier système, les défauts anatomiques de chacun des deux appareils se trouvent plus ou moins neutralisés.

On peut supposer, par analogie avec les illusions optiques de notre organe visuel, que cette neutralisation n'est pas

parfaite. S'il nous était par conséquent possible de reproduire nos représentations des trois directions fondamentales de l'espace dans leurs vrais rapports, *en dehors de toute participation des organes visuels*, une pareille reproduction nous fournirait sûrement une image approchée des déviations, dont les rapports anatomiques de nos canaux semi-circulaires sont susceptibles. Ainsi que nous le verrons au cours de cette étude, il se manifeste en effet dans les erreurs de direction déterminées par le labyrinthe des *particularités individuelles constantes* qu'on doit considérer comme des erreurs personnelles, *dues à des déviations de ce genre*. La *méthode* qu'exige l'étude exacte des erreurs de direction doit, ainsi que nous venons de le dire, permettre la mesure précise de chacun des trois facteurs énumérés. Mais ce résultat ne peut être obtenu que par la notation graphique de ces erreurs, *laquelle notation doit en outre être réalisée d'une façon aussi simple que possible, sans l'aide de dispositifs compliqués*. Les facteurs psychiques jouent un rôle décisif dans les phénomènes, qu'il s'agit d'analyser. Pour si peu qu'on complique les expériences on en altère nécessairement les résultats, et cela d'autant plus qu'elles doivent porter sur un nombre assez grand de personnes, choisies de préférence parmi celles qui s'y soumettent sans parti pris, et sans se rendre compte du but des manipulations dont elles sont l'objet. Aussi la meilleure manière de procéder consiste-t-elle à donner aux expériences l'apparence d'un jeu innocent.

G. Alexander et V. Barány ont fourni récemment une preuve éclatante de l'inefficacité des méthodes complexes basées sur l'emploi d'appareils compliqués. Au cours de leurs très longues et nombreuses recherches sur le rôle depuis longtemps réfuté de l'appareil *statolithique*, au point de vue de l'orientation dans l'espace, etc., ces auteurs ont pratiqué des expériences aussi bien sur des personnes normales que sur trois sourds-muets, en se servant d'instruments trop compliqués pour être applicables aux expériences de ce genre. Le compte rendu de leurs expériences a été publié dans deux livraisons de la *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie* de 1905. *Or, les résultats fournis par leurs expériences*

étaient nuls. Leurs prémisses basées sur l'hypothèse des statolithes de Breuer, hypothèse depuis longtemps abandonnée, sont certes pour beaucoup dans ces résultats *absolument négatifs* de leurs recherches. Mais leurs procédés expérimentaux prétendus exacts ont également contribué, grâce à leur caractère très compliqué, à l'échec du travail qu'ils ont entrepris.

Après quelques recherches préalables, j'ai fini par donner la préférence au procédé suivant, très simple. Une feuille de papier est soigneusement fixée sur une planche exactement verticale, et cela à la hauteur de la tête de la personne soumise à l'expérience. Cette personne se tient debout, les yeux bandés et trace avec un crayon des lignes horizontales et verticales, en se servant d'une règle. Bien que les yeux du sujets fussent bandés, tous les dessins ont été éxécutés dans une pièce absolument obscure. Le sujet commence par poser la règle dans la direction qu'il considère comme horizontale ou verticale. Il faut veiller à ce que la règle et la main qui la tient soient écartées du papier aussitôt qu'une ligne a été tracée. Il en va de même de la main droite et du crayon. De cette façon, on est sûr que toute nouvelle direction tracée ne subit pas, par l'intermédiaire des mains, l'influence de celle qui a été tracée précédemment.

Lorsqu'il s'agissait de reproduire des directions sagittales et transversales, on fixait la feuille sur une table ayant une surface exactement horizontale ; le sujet était assis, ayant la tête et la partie supérieure du corps redressées. On lira plus loin (§ 6), les expériences qui ont été faites dans le but d'établir, si les lignes droites tracées de la sorte correspondent réellement à la direction sagittale. On y trouvera également une discussion sur le mode d'interprétation des dessins obtenus.

Ces dessins permettent de mesurer exactement les modifications que les conditions imposées aux expériences impriment aux trois facteurs que nous venons d'énumérer. Le simple aspect du dessin renseigne déjà sur le *sens* de l'erreur dans chaque direction. Pour mesurer cette erreur, il suffit de porter sur la feuille de papier, après chaque expérience, la direction normale. Les angles que forment entre elles les

deux verticales avec les deux horizontales, etc., correspondent d'une façon générale, *à l'intensité* de l'erreur. On reconnaît le plus souvent cette intensité, par le simple aspect du point de croisement des lignes verticales et horizontales, ou sagittales et transversales qui ont été tracées dans l'obscurité; il suffit de considérer la grandeur de l'angle que ces lignes forment respectivement entre elles. Ces grandeurs des angles qui sont indiquées partout sur les figures, ne doivent pourtant pas être considérées comme la mesure absolue de l'intensité des erreurs.

Les premières expériences notamment ont déjà montré que les intensités des erreurs, dans les mêmes conditions expérimentales, ne sont pas nécessairement proportionnelles aux grandeurs des angles. Il arrive aussi que ces grandeurs n'indiquent pas toujours d'une façon exacte le *sens* de l'erreur. Mais même dans le cas où le *sens* des erreurs est identique et où leurs *intensités* sont proportionnelles les unes aux autres, les *grandeurs* des angles de croisement ne peuvent pas toujours servir de mesure pour ces *intensités;* celles-ci peuvent rester égales à 90° ou être à peine inférieures à 90°, *alors que l'erreur a été très grande*. Ces grandeurs d'angles nous renseignent notamment *sur les rapports qui existent entre les erreurs dans les différentes directions*, c'est-à-dire sur le facteur le plus important, et pour nous, le plus instructif. L'étude des erreurs de direction chez l'homme présente un intérêt considérable, parce qu'elle est surtout de nature à nous éclairer sur le mécanisme de la formation de nos représentations du temps et de l'espace. Le fait de savoir dans quel sens nous nous trompons, dans des circonstances données, sur telle ou telle direction, est sans doute déjà intéressant en lui-même; mais ceci ne nous indique ni dans quel organe se forment les sensations de direction, ni comment de la perception des différentes directions naît notre représentation d'un espace à trois dimensions.

Le chercheur impartial, ayant suivi de près au cours de ces dernières décades, le développement de la théorie qui établit que le labyrinthe de l'oreille est l'organe de nos sensations spatiales, a certainement reconnu l'importance décisive que

présente, au point de vue de son fonctionnement, la situation des canaux semi-circulaires dans trois plans perpendiculaires les uns aux autres. Il comprendra aisément que les erreurs de direction produites expérimentalement, dans des conditions arbitrairement choisies, ne sauraient être limitées à une *seule* direction. Nos perceptions et représentations des deux autres directions en seront forcément influencées en même temps. Le troisième facteur (voir plus haut) que j'ai cherché à déterminer devait précisément me renseigner sur ce point. Faisons abstraction des déviations anatomiques négligeables que présentent par rapport à 90° les angles de croisement [1] des trois plans des canaux semi-circulaires. En admettant que la reproduction des intensités des erreurs est exacte, et que les conditions expérimentales agissent dans le même sens et avec la même intensité sur les perceptions des trois directions, on devrait s'attendre à ce que les grandeurs des angles dans les dessins obtenus par ma méthode restent égales à 90°.

On verra d'après les figures qui suivent, *qu'il en est souvent ainsi. La plupart des séries d'expériences exposées ici permettent, en effet, de constater ce fait remarquable que tous les sujets, même ceux qui ne possèdent pas de connaissances géométriques, tendent toujours inconsciemment à s'en tenir dans leurs dessins à l'angle droit.* Dans les cas *où ce maintien de l'angle droit ne réussit pas, on peut conclure ou que les conditions expérimentales troublent le rapport normal entre les différentes perceptions de direction* [2] *ou bien que la perception de telle ou telle autre direction se trouve, selon sa nature, troublée principalement ou exclusivement.*

Cette tendance à maintenir l'angle droit même dans l'obscurité, c'est-à-dire en l'absence de tout point d'appui *visible* permettant de déterminer le rapport entre la direction tracée et les autres, montre *que nous avons constamment présente à l'esprit l'image des trois directions fondamentales dans*

1. Ces déviations sont la cause de l'erreur personnelle de l'observateur lors de la détermination des directions.

2. Très souvent les lignes ne se touchent pas du tout ; elles forment cependant une croix lorsqu'on les prolonge.



leurs rapports réels, telle que nous la fournit le système rectangulaire des coordonnées des trois plans des canaux semi-circulaires. Enfants et grandes personnes qui ignorent le dessin, ne se doutant nullement du but des expériences, manifestent la même tendance à maintenir l'angle droit et sont très surpris de la régularité de leurs dessins, lorsqu'on les leur présente.

Il est tout à fait indifférent, au point de vue du résultat du dessin, que telle ou telle autre direction soit tracée *la première.* Le plus souvent et le plus naturellement, c'est la ligne verticale qui précède les autres. Mais si l'on intervertit l'ordre et qu'on fasse tracer la ligne horizontale d'abord et la verticale ensuite, la grandeur des angles de croisement n'en subit aucune modification; ce qui revient à dire qu'on ne se conforme nullement, lorsqu'on dessine, à la direction de la *verticale tracée,* mais qu'on trace la ligne horizontale de telle sorte qu'elle forme un angle de 90° avec la verticale *qu'on croit percevoir dans les circonstances données.*

Au début des expériences, j'ai essayé plusieurs procédés qui devaient permettre de tracer sur le même papier toutes les trois directions. Mais ceci présente certaines difficultés qui, en présence des conditions expérimentales, paraissent presque insurmontables. Aussi ai-je préféré faire tracer séparément les directions verticale-horizontale et les directions sagittale-horizontale. En confrontant les deux dessins respectifs, on pouvait déterminer les rapports entre la sagittale et la verticale. Mais, d'une façon générale, une pareille détermination n'était pas nécessaire. Vu le mode d'exécution des dessins, la direction se trouvait déjà déterminée du fait de la simple application de la règle. Cette dernière était comme d'habitude maniée de la main gauche, tandis que le crayon se trouvait dans la main droite.

Il était intéressant de se rendre compte si le maniement de la règle avec la main droite pouvait avoir quelque influence sur l'erreur dans la détermination de la direction. Des expériences spéciales ont été instituées à cet effet sur les personnes, dont je me servais le plus souvent au cours de mes recherches. Et voici ce qu'on a pu constater : ce dernier mode de

notation n'exerce aucune influence *sur le sens des déviations et par conséquent sur la nature des erreurs*. En revanche les différences entre les grandeurs des angles sont souvent plus accusées que dans le maniement habituel de la règle. Ceci montre en tout cas que dans la production des erreurs, l'exécution manuelle des dessins peut donner lieu à une petite faute, notamment en ce qui concerne *l'intensité* des erreurs. Quant au *sens* de l'erreur, il échappe complètement à l'influence du mode d'exécution. Cela signifie, en d'autres termes, que les erreurs ne sont nullement produites par des sensations anormales des mains et des bras.

L'expérience des contrôles suivants en fournit une démonstration encore plus probante : lorsque les dessins sont exécutés dans l'obscurité avec le crayon au jugé, c'est-à-dire sans l'aide de la règle, la rotation de la tête autour de ses axes produit exactement les mêmes erreurs qu'on observe dans le mode d'exécution ordinaire. Seulement les lignes ne sont pas tracées d'une façon tout à fait droite. Les déviations des directions fondamentales par rapport à la normale revêtent le même caractère que lors de l'usage de la règle; les angles de croisement ne présentent pas davantage de différence notable.

La grande régularité, quant à leur sens et à leur intensité, avec laquelle les erreurs se sont manifestées dans mes expériences chez différents individus et dans les conditions expérimentales les plus *variables* montre que malgré sa grande simplicité ma méthode graphique peut être appliquée avec une grande certitude. Les expériences ici rapportées ont été faites sur moi-même et sur sept autres personnes. De ces dernières deux seulement, désignées plus bas sous les initiales M. et G. ont été soumises à des expériences pendant plusieurs mois. Les cinq autres n'ont servi de temps à autres qu'à des expériences de contrôle. Ainsi qu'il a été dit, il est très important de n'employer en vue de ces expériences que des personnes, autant que possible, non prévenues et ignorant le but et le sens des expériences. Quelques-unes de ces personnes, qui étaient de bons dessinateurs, étaient froissées dans leur amour-propre, lorsqu'elles s'apercevaient des erreurs commises dans leurs dessins et s'appliquaient à éviter ces erreurs

dans les épreuves suivantes. Mais comme elles ne réussissaient le plus souvent qu'à les aggraver, elle refusaient à se soumettre à de nouvelles expériences.

C'est pourquoi il est plus sûr d'interpréter soi-même les dessins obtenus de ces sujets et de ne pas les leur montrer avant que la série des expériences ne soit terminée. Les figures 1-41 provenant des expériences sur les erreurs ont été photographiées d'après les dessins originaux et diminuées de moitié ou des deux tiers. Les nombres qui désignent les grandeurs des angles ont été obtenus après mesure. Les désignations *angle droit* et *angle gauche* se rapportent dans le texte aux angles *supérieurs*. Des rotations de la tête autour de ses différents axes ont été exécutés dans la plupart des expériences. Les lignes AV signifient les directions verticales *dans la position redressée du corps;* LV et RV dans les rotations de la tête à droite et à gauche; AH, LH et RH désignent les horizontales correspondantes; AS, LS et RS les directions sagittales obtenues pendant que le sujet était assis. Des explications plus détaillées accompagnent les figures elles-mêmes.

§ 3. — Erreurs de perception des directions dans l'obscurité, la tête et le corps étant maintenus dans la position droite.

Les erreurs relatives à la détermination des directions et se produisant dans l'obscurité, la tête étant dans la position droite, sont de deux sortes : 1° on trace chaque direction en la faisant dévier de la normale; 2° le rapport entre les directions, c'est-à-dire la grandeur d'angle au niveau du point de croisement dévie plus ou moins de la normale. Selon les sujets c'est tantôt la première, tantôt la deuxième de ces erreurs qui est la plus accusée, *chacune de ces déviations restant constante chez chaque individu*, c'est-à-dire que le sens de ces erreurs reste le même chez le même individu aux différents moments, bien que leur intensité soit sujette à de légères variations. Ceci prouve que la cause de l'erreur est également constante et tient à des différences individuelles.

L'observation suivante fournit une indication importante quant à la base anatomique de ces défauts individuels : *chez*

les dessinateurs non exercés on observe de préférence la première de ces erreurs, chez les dessinateurs experts, au contraire, la deuxième.

Dans l'obscurité ces derniers reproduisent le plus souvent la direction verticale d'une façon assez exacte, mais l'horizontale présente chez eux une déviation notable par rapport à la normale. Aussi les déviations des angles de croisement de ces deux directions atteignent-elles chez eux la valeur de 5° à 8° par rapport à l'angle droit. Chez les dessinateurs non exercés au contraire, les deux directions, la verticale aussi bien que l'horizontale, présentent une déviation marquée par rapport aux directions normales. *Et pourtant les angles de croisement diffèrent à peine de 1° à 2° de l'angle droit.* Dans la position droite de la tête, les déviations que présentent les grandeurs des angles sont à peine plus grandes dans l'obscurité que sur les dessins faits à la lumière. C'est du moins ce qui apparaît dans les dessins exécutés par moi-même et désignés dans les figures sous la lettre C. Sur une moyenne de seize expériences cette grandeur présentait à la lumière une déviation de 0,5° et dans l'obscurité une déviation de 1° par rapport à l'angle droit. Les déviations par rapport à la direction normale sont désignées par des flèches dont la disposition varie selon les cas : ┼→ pour le premier, pour le deuxième ╳.

Marguerite, ma fille alors âgée de 19 ans dessine très bien et excelle également à exécuter des figures géométriques. A la lumière, la déviation de la grandeur des angles est égale chez elle à 0 et les deux directions sont assez exactement observées. Dans l'obscurité, au contraire, l'horizontale dévie considérablement de la normale, tandis que la verticale est à peu près régulière. La différence d'angle atteignait dans une moyenne de 11 cas la valeur de 3, 5° (déviation maxima = 6°, déviation minima = 1°). G., mon fils alors âgé de 10 ans, s'est essayé pour la première fois au dessin à l'occasion de ces expériences. A la lumière, ses différences d'angles sont égales le plus souvent à 0°; elles atteignaient dans l'obscurité une valeur maxima de 2° et une valeur minima de 1°. Les déviations par rapport aux directions nor-

males, étaient toutefois très prononcées dans les deux cas : X dans le premier, λ dans le deuxième. Le sujet F, auteur de la figure 4, ne se rappelle pas avoir jamais dessiné ; les directions tracées par lui, aussi bien à la lumière que dans l'obscurité, la tête étant dans la position droite ne présentent pas de déviations notables ; dans le deuxième cas seulement l'horizontale est un peu inclinée de droite à gauche. Les différences d'angles étaient de 1° à 2°. Quelques dessins exécutés trois mois plus tard présentaient les mêmes caractères.

Chez une cinquième personne, qui dessinait très bien, les verticales étaient absolument régulières aussi bien à la lumière que dans l'obscurité. Mais les lignes horizontales tracées dans l'obscurité penchaient tellement de droite à gauche que la différence d'angle déviait généralement, de 8°, au lieu de 0°, par rapport à 90°. On observa des modifications analogues chez deux autres personnes dont une était une très bonne dessinatrice. Comment expliquer cette maladresse frappante, dont font preuve des dessinateurs exercés, lorsqu'ils tracent les directions dans l'obscurité ? Par ce fait bien simple qu'ils sont habitués à corriger avec l'aide de la vue les erreurs de perception des directions provenant des fonctions du labyrinthe. Aussi s'efforcent-ils, lorsqu'ils dessinent dans l'obscurité, de faire les corrections nécessaires en s'aidant de leurs souvenirs. Cela leur réussit souvent en ce qui concerne la direction verticale. Mais pour ce qui est de la direction horizontale, leurs efforts n'aboutissent souvent qu'à aggraver les erreurs du sens de direction et, chose remarquable, qu'à accentuer la déviation de cette direction de droite à gauche.

Les erreurs personnelles de dessinateurs inexpérimentés, dues à de légères déviations anatomiques dans la situation des deux paires de canaux semi-circulaires, se produisent au contraire aussi bien à la lumière que dans l'obscurité, et cela dans le même sens et dans la même mesure. L'aide que le sens de la vue leur prête lors de la correction est relativement de peu d'importance. Aussi peut-on admettre que les différences portant sur les grandeurs des angles *constituent chez eux une indication réelle sur la nature des déviations ana-*

tomiques individuelles dans la structure des deux appareils de canaux semi-circulaires.

Le fait que chez les dessinateurs inexpérimentés les grandeurs des angles ne présentent, malgré les déviations considérables dans les directions, que de très légères oscillations autour de 90°, — ce fait, disons-nous, est intéressant à un autre point de vue encore. Il démontre la tendance à maintenir l'angle droit ; tendance dont il a été longuement question au paragraphe précédent. Pour les dessinateurs expérimentés qui en dessinant se servent toujours du sens de la vue, cette tendance n'a qu'une importance secondaire. D'où les grandes déviations dans les grandeurs des angles, qu'on observe chez eux lorsqu'ils dessinent dans l'obscurité, la tête étant dans la position droite.

§ 4. — Erreurs de perceptions des directions verticale et horizontale, lors des rotations de la tête autour de son axe sagittal.

Les erreurs de perception se produisant dans les positions obliques de la tête, et tout particulièrement lorsqu'elle est inclinée sur l'épaule droite ou gauche, ont déjà souvent attiré l'attention des savants. Il suffit de rappeler le phénomène bien connu d'Aubert, ainsi que les expériences d'Yves Delage, dont il a été question plus haut. Aujourd'hui, où la localisation des sensations de direction dans les canaux semi-circulaires est devenue une certitude scientifique, l'étude des influences que les rotations de la tête, et par conséquent des deux labyrinthes, exercent sur nos perceptions de direction, présente un intérêt tout particulier. Déjà, lors des reproductions des expériences d'Aubert par Nagel, Sachs et Meller, etc., il apparut que le *degré* d'inclinaison de la tête sur l'épaule droite ou gauche est de nature à exercer une influence incontestable sur la production de l'erreur, ainsi que sur l'intensité de l'obliquité apparente de la ligne verticale éclairée dans l'obscurité. Il était donc à souhaiter qu'on pût mesurer avec précision l'angle de rotation de la tête. Lors des expériences de ce genre, Sachs et Meller ont essayé d'y parvenir à l'aide d'un dispositif mécanique spécial.

Au début de mes expériences, j'ai cherché également à établir un dispositif qui permît de mesurer avec précision toutes les rotations de la tête autour de ses trois axes. Ce dispositif consistait en un bonnet métallique léger, pourvu d'une pointe placée exactement au milieu et de cordons supportant des poids et passant sur des poulies. Ce dispositif rappelait l'ophtalmotrope bien connu de Ruete, destiné à la démonstration du roulement des globes oculaires. Sans parler des difficultés techniques inhérentes à la construction irréprochable d'un appareil de ce genre, j'ai renoncé à son application pour une autre raison encore. Ainsi que je l'ai fait suffisamment ressortir plus haut, il est absolument nécessaire, au point de vue de la réussite des expériences relatives aux erreurs de perception des directions, que ces expériences soient faites sur des personnes non prévenues de leur but. Aussi, doit-on éviter toute intervention susceptible d'entraver dans une mesure quelconque la liberté complète des mouvements de la tête. On a pu s'en rendre compte dès les premières expériences qui permirent également de faire cette constatation importante que si le degré de rotation de la tête est susceptible d'exercer une certaine influence sur l'*intensité* des erreurs qu'on étudie, cette influence n'est en réalité que bien minime. Plus importante encore était cette autre constatation que le degré de rotation de la tête est sans influence aucune sur le *sens* des erreurs. Aussi était-il préférable de renoncer, jusqu'à nouvel ordre, à toute mesure du degré de la rotation. Il est bon d'ajouter que le travail de Sachs et Meller, publié depuis, renferme la description d'un appareil de mesure pour les rotations de la tête offrant tous les défauts qui viennent d'être signalés. Les sujets ont été invités dans la plupart des cas à exécuter des rotations de la tête aussi étendues que possible, n'allant pas toutefois jusqu'à occasionner une sensation de malaise ou de douleur.

Je ne reproduis ici que quelques-unes des figures représentant les erreurs de perception des directions verticale et horizontale.

On a institué, à titre de comparaison, un certain nombre

d'expériences avec rotations de la tête, dans une pièce éclairée, les sujets ayant les yeux ouverts. Ils ne devaient naturellement voir, au cours de ces expériences, ni la feuille de

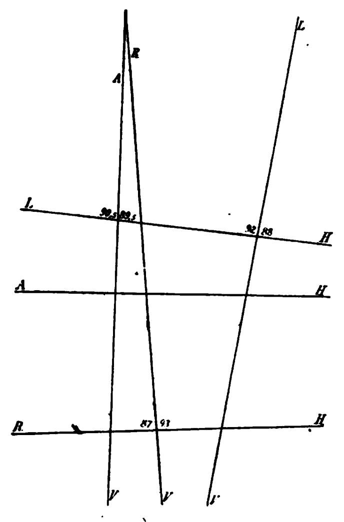


Fig. 1.

Personne C. — *AV* et *AH* indiquent les deux directions avec la tête droite dans l'obscurité. Les déviations des angles du croisement = 0,5°. *LV* et *LH* dans l'inclinaison de la tête vers l'épaule gauche. *RV* et *RH* inclinaison vers l'épaule droite. Les déviations de l'angle droit de 90° sont 2° et 3° (les chiffres 90,5 et 89,5 de la ligne LH appartiennent à la ligne AH).

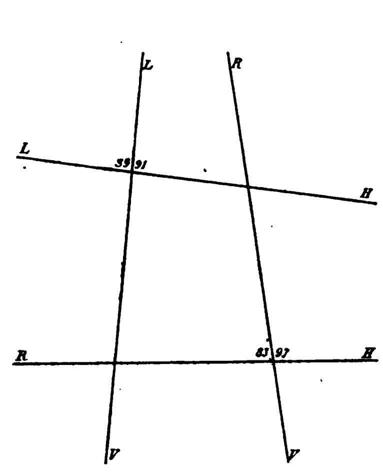


Fig. 2.

La même personne sert pour l'expérience faite dans l'obscurité ; même désignation des lignes que dans la figure 1. Déviations des angles = 1° et 3°. Inclinaisons de la tête très fortes ; corps droit.

papier, ni la règle, ni le crayon. Leur regard était dirigé sur les objets voisins.

Les figures 1 et 3 se rapportent à des expériences que j'ai faites sur moi-même.

Si l'on fait abstraction de la figure 5 (sujet G) sur laquelle nous reviendrons plus tard, on voit que chez les trois sujets C, F, M, les erreurs de direction présentent toujours le même caractère. La direction verticale *dévie chez eux de haut en bas et de droite à gauche, et l'horizontale de haut en bas et de gauche à droite, lorsque la tête est inclinée sur l'épaule*

gauche ; et on observe une déviation inverse lorsque la tête

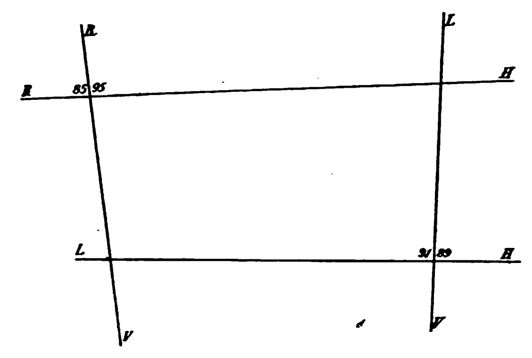


Fig. 3.

La même expérience que dans la figure 2 ; mais le corps suivait les inclinaisons de la tête.

est inclinée sur l'épaule droite. Le sens des erreurs portant

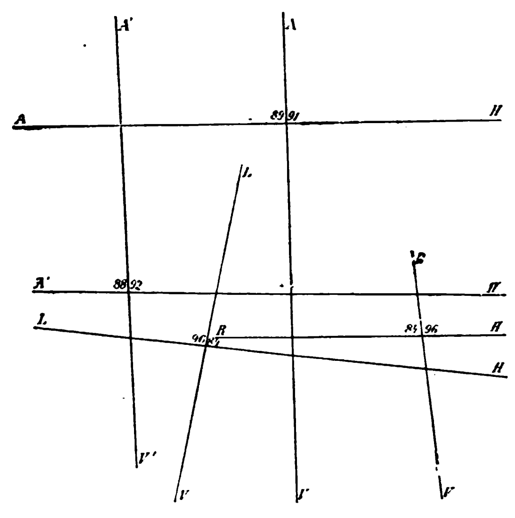


Fig. 4.

Personne F ; n'a jamais dessiné ; ignore tout de l'expérience. *AV* et *AH* avec les yeux ouverts et dans une chambre claire. Déviation de l'angle 1° dans la position droite de la tête. *A'V'* et *A'H'* désigne les mêmes directions, tête droite, mais dans l'obscurité ; déviation de l'angle = 2°. *LV* et *LH*, inclinaison de la tête à gauche. *RV* et *HV*, tête à droite. Dans les deux cas la déviation de l'angle = 6°.

sur les deux directions est donc le suivant : la verticale

nous apparaît penchée dans une direction opposée à celle,

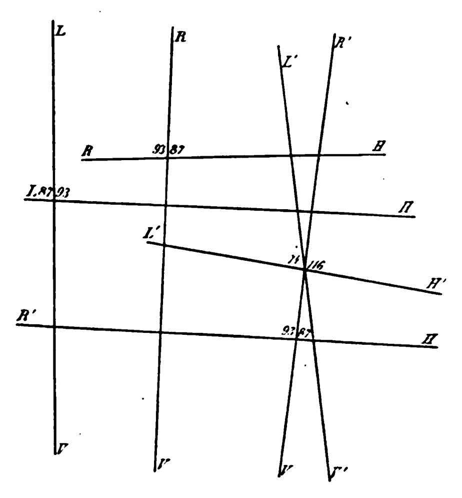


Fig. 5.

Personne G; âgé de dix ans, n'a jamais dessiné. — L*V* et L*H* dans l'obscurité, tête inclinée à gauche : déviation angle égal 3°. *RV* et *RH*, tête à droite, déviation de l'angle = 3°. *L'V'*, *L'H'* et ainsi que *R'V'* et *R'H'* par G. dessinées 3 mois plus tard dans les mêmes conditions par G. Déviation avec têtes inclinées à gauche = 16°, à droite = 3°.

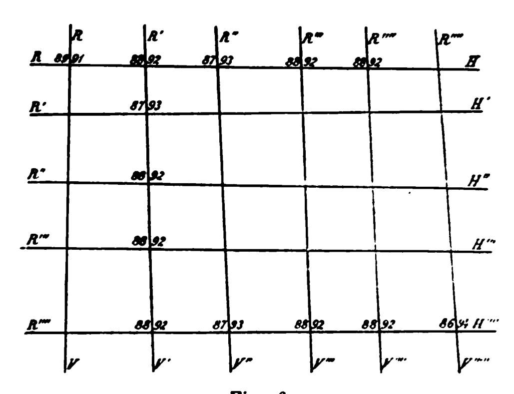


Fig. 6.

Personne M ; dessinatrice excellente. — Toutes les lignes dessinées dans l'obscurité et la tête inclinée à droite ; dessine d'abord les verticales, ensuite les horizontales ; la règle et le crayon quittaient le papier. M. restait les yeux bandés et dans l'obscurité. Les déviations des angles variés ont de 2° à 4°.

dans laquelle se fait la rotation de la tête, donc à la direc-

tion de l'axe vertical de la tête. Il en est de même des erreurs portant sur les directions horizontales qui apparaissent à leur tour opposées au trajet de l'axe transversal de la tête[1].

Ces erreurs se produisaient toujours dans le même sens aussi bien chez ces trois personnes que chez quatre autres soumises à des expériences analogues, et cela invariablement, toutes les fois qu'on reproduisait les mêmes expériences. Le degré

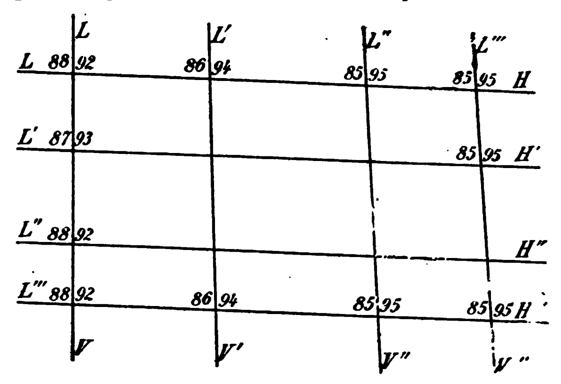


Fig. 7.

Même personne M. — Conditions de l'expérience, les mêmes que dans la figure 6 ; la tête inclinée à gauche ; les déviations de l'angle droit variaient de 2° à 5°.

de déviation des directions tracées dans la position inclinée de la tête varie chez une seule et même personne dans des limites assez étendues, en tout cas plus étendues que les *grandeurs* de déviation des angles de croisement par rapport à 90°.

Chez les personnes non prévenues qui, précisément parce qu'elles ne se rendent pas compte de la nature et du but des expériences, sont les plus intéressantes à observer, ces dernières déviations restaient à peu près sans modification, alors même que les expériences étaient renouvelées après une pause prolongée. Par contre, les déviations des lignes par rapport aux directions normales étaient assez variées et semblaient dépendre dans une certaine mesure du degré d'inclinaison de la tête. En revanche, les grandeurs d'angles, c'est-à-dire,

1. Les rapports entre les erreurs de direction et les rotations des plans des canaux semi-circulaires verticaux et horizontaux seront discutés plus bas paragraphe 13.

les rapports entre les différentes directions, qui dépendent principalement des particularités anatomiques de l'appareil des canaux semi-circulaires, sont sujettes à des variations beaucoup moins étendues. C'est sur ces particularités que repose entre autres la preuve de notre tendance à conserver toujours la ligne droite. *Lorsque, par exemple, la direction verticale dévie fortement de la normale, nous corrigeons l'erreur commise, sans avoir connaissance du degré de la déviation, en imprimant également à la ligne horizontale une déviation plus forte, en rapport avec la première. Cette correction se fait donc d'une façon tout à fait inconsciente*, et il en résulte que les angles de croisement subissent une modification insignifiante. C'est ainsi par exemple que chez moi les déviations des angles par rapport à 90° varient entre 1° et 4°, lorsque j'ai la tête inclinée à gauche, entre 1,5° et 5°, lorsque ma tête est inclinée à droite.

La simple inspection des figures montre en même temps que les déviations des directions peuvent être beaucoup plus considérables. C'est ainsi par exemple que, lors de la rotation de la tête à gauche, la verticale de la figure 2 dévie davantage de la normale que celle de la figure 3. Mais, dans les deux cas, les angles ne dévient, par rapport à 90°, que de 1°, et cela parce que l'horizontale de la figure 2 présente une déviation plus considérable. On observe le même fait dans l'inclinaison de la tête à droite, lorsqu'on confronte les lignes des figures 1 et 2. Chez M. les grandeurs des angles oscillent, dans leurs déviations par rapport à l'angle droit, entre 2° et 5° pour la rotation à gauche, entre 1° et 4° pour la rotation à droite. Les figures 6 et 7 sont tout particulièrement instructives sous ce rapport, parce que dans l'une et dans l'autre les lignes présentent une direction presque exactement parallèle. Et pourtant, les mains tenant la règle et le crayon abandonnaient chaque fois la feuille de papier, aussitôt après avoir tracé deux lignes correspondantes, de sorte que M. ne pouvait avoir aucune connaissance de l'aspect d'un dessin lorsqu'elle abordait le suivant.

Dans les nombreuses expériences exécutées par M. sur les déterminations de directions *isolées*, les déviations de la

verticale par rapport à la normale étaient souvent beaucoup plus considérables que dans les figures 6 et 7. Mais les variations des grandeurs d'angles restaient toujours dans les limites mentionnées. Comme d'autres dessinateurs expérimentés, M. faisait de grands efforts pour combattre ses erreurs. Mais tous ses efforts de dessiner les lignes selon une direction droite ou *même dans une direction opposée* étaient vains, et le *sens* de l'erreur restait toujours le même; on réussissait tout au plus à en diminuer l'intensité. La loi, d'après laquelle les erreurs se manifestent au cours des rotations de la tête autour de l'axe sagittale, présente ainsi *pour chaque personne* un caractère absolu et ne souffre pas d'exception.

Par contre, la figure 5 montre qu'il existe des *exceptions personnelles,* où la loi des erreurs se manifeste d'une façon opposée, *du moins en ce qui concerne la direction verticale. L'erreur de la position oblique de la verticale se produisait chez G. toujours dans le sens de la rotation de la tête :* à gauche lorsque la tête était inclinée sur l'épaule gauche, à droite dans l'inclinaison opposée de la tête. Ainsi qu'on le verra, d'après les expériences sur G. exposées dans les paragraphes suivants, il se comporte encore de la même façon à l'égard de la verticale dans toutes les autres épreuves où il tourne la tête autour de l'axe sagittal : phénomène d'Aubert, détermination de la provenance d'un son, etc. La nature opposée des erreurs repose donc certainement chez G. sur une cause constante qui sera discutée plus bas. Quant à l'erreur portant sur la direction horizontale, elle se produit dans le même sens que chez tous les autres sujets : dans la rotation de la tête à gauche, cette ligne présente une direction de gauche à droite et de haut en bas, et une direction inverse dans la rotation de la tête à droite. On pourrait s'attendre, dans ces circonstances, à ce que les déviations des grandeurs d'angles par rapport à l'angle droit soient particulièrement prononcées chez G. et cela d'autant plus que les directions qu'il attribue aux lignes horizontales, loin de compenser la déviation de la verticale, ne peuvent que l'aggraver. *Mais en réalité cela n'arrive qu'exceptionnellement.* Sauf dans les

cas où son labyrinthe était soumis aux fortes excitations sonores dont il sera question plus tard, G. manifestait également la tendance à observer l'angle droit.

Qu'on considère seulement les lignes LV-LH et RV-RH de la figure 5 : les angles ne dévient que de 3° par rapport à l'angle droit. Il en est de même de lignes R'V-R'H provenant d'une expérience faite quelques mois plus tard : la différence d'angle est ici également de 3°. Si G. réussit à réaliser approximativement l'angle droit, c'est parce qu'il n'imprime à l'horizontale qu'une déviation très légère par rapport à la normale. Dans les cas où il n'y réussit pas, comme par exemple dans celui des lignes L'V-L'H, dont la dernière dévie de gauche à droite et de haut en bas dans la même mesure que chez les autres sujets, la différence d'angle atteint une valeur plus grande, jusqu'à 14°. Mais ce sont là des cas exceptionnels. D'une façon générale les différences observées lors des inclinaisons de la tête étaient moins prononcées chez G. que chez M. et chez moi. La différence moyenne de 21 expériences a été chez moi de 3° pour la rotation à gauche, de 4° pour la rotation à droite ; pour M., la différence moyenne de 16 expériences a été de 4,5° dans le premier cas, de 4° dans le deuxième ; chez G., la différence moyenne de 11 expériences a été de 2° dans le deuxième cas. Il était intéressant de se rendre compte de l'influence qu'exerce l'inclinaison de la tête sur la perception de la direction, lorsque les dessins, au lieu d'être exécutés dans l'obscurité et les yeux fermés, le sont dans un espace éclairé, *en prenant soin bien entendu, que ni la feuille de papier ni les mains qui tiennent la règle et le crayon ne se trouvent dans le champ visuel du sujet.*

Déjà, lors de l'exécution ordinaire des expériences dans l'obscurité, la direction du regard, quand la tête est inclinée sur l'épaule gauche ou droite, est telle, que la feuille de papier se trouve en dehors du champ visuel[1]. La position des yeux, au cours de ces inclinaisons de la tête, reste donc la même à la lumière que dans l'obscurité. Les résultats de ces expé-

1. Voir paragraphe 7.

riences montrent que *des erreurs de perception des directions se produisent aussi bien à la lumière que dans l'obscurité, et dans le même sens, mais avec une intensité moindre*. L'erreur est donc due, tout simplement, à la position anormale de la tête. Certes, les sujets peuvent, pendant qu'ils exécutent leurs dessins, s'orienter dans une certaine mesure, surtout en ce qui concerne la direction verticale, par l'aspect des objets ambiants ; mais cette orientation secondaire n'empêche pas l'erreur de se produire : elle la diminue seulement. Et il faut ajouter, ce qui est d'ailleurs conforme aux observations communiquées dans les paragraphes précédents, que de bons dessinateurs profitent de cette orientation secondaire dans une plus grande mesure, que des dessinateurs inexpérimentés ou maladroits. C'est ainsi, qu'en ce qui me concerne, la valeur moyenne des différences angulaires a été sur mes dessins, faits à la lumière, un peu inférieure à ce qu'elle fut dans l'obscurité ; 2° pour l'inclinaison à gauche ; 3° pour la rotation à droite. Quant à G., la différence, lors de la rotation de la tête à gauche, a conservé en moyenne la même valeur de 2° que dans l'obscurité. Lors de la rotation à droite, elle était de 1°, au lieu de 2° dans l'obscurité. Chez M., au contraire, la différence à la lumière tomba à 0° pour la rotation à gauche et à 1° pour la rotation à droite, au lieu des différences respectives 4,5° et 4° observées dans l'obscurité. *L'orientation d'après les objets avoisinants peut donc, lorsqu'il s'agit de bons dessinateurs, sinon faire disparaître complètement l'erreur, du moins la diminuer dans une mesure considérable.* C'est que chez M. aussi, les déviations par rapport aux directions normales étaient très prononcées et présentaient le même sens que dans l'obscurité; seules, les différences d'angles étaient beaucoup moins accusées, l'orientation à l'aide des directions visibles ayant permis d'atténuer ces différences.

Nous reviendrons plus bas, paragraphe 13, sur l'interprétation de ces observations intéressantes se rapportant aux dessins exécutés à la lumière. Les erreurs observées ici à l'aide de méthodes imprécises sont, *en ce qui concerne la direction verticale*, tout à fait analogues à celles observées par Aubert lors des rotations de la tête autour de l'axe sagittal.

Quant à leur *sens*, elles rappellent également jusqu'à un certain point celles observées par Yves Delage; mais quant à leur *sens* seulement et en ce qui concerne la direction verticale. Je n'ai jamais constaté une erreur constante de 15°, que commettraient toutes les personnes soumises aux expériences.

§ 5. — Erreurs survenant au cours des rotations de la tête autour de ses axes vertical et horizontal.

Nous allons reproduire tout d'abord quelques figures, représentant les erreurs les plus fréquentes, observées au cours des rotations de la tête autour de l'axe vertical.

Ainsi qu'on le voit, les lignes verticales ne s'écartent que peu de la direction normale, en tout cas pas plus que dans l'obscurité et dans la *position droite de la tête* : l'écart se fait dans le même *sens* pour les deux rotations, et ce sens coïncide avec celui de l'erreur, que je commets généralement lorsque je dessine dans l'obscurité, même en tenant la tête droite. Comme je viens de le dire, je fais d'habitude le même écart de la verticale, quoiqu'à un dègré moindre, lorsque je dessine à la lumière.

Les lignes horizontales accusent, surtout dans la rotation de la tête à droite, un écart plus considérable; mais cet écart se fait encore, lors de la rotation à gauche, dans le même sens que quand la tête conserve la position droite. La figure 9 montre les écarts que je commets, lorsque le corps tourne autour de l'axe vertical en même temps que la tête, c'est-à-dire dans une position telle que dans la rotation à gauche c'est le côté droit du corps et dans la rotation à droite le côté gauche qui se trouve en face de la feuille de papier destinée à recevoir les dessins. Ainsi qu'on le voit, les écarts par rapport aux directions s'opèrent alors, exactement dans le même sens que lors de la rotation de la tête seule. *Pour les directions verticales ces écarts sont aussi légers que dans la figure* 8, *ils sont au contraire beaucoup plus prononcés pour les directions horizontales*. Le fait que la différence d'angle est plus grande repose uniquement sur l'exagération du dernier écart.

Chez le sujet M., les différences d'angle étaient le plus souvent égales à zéro pendant la rotation à droite; pendant la

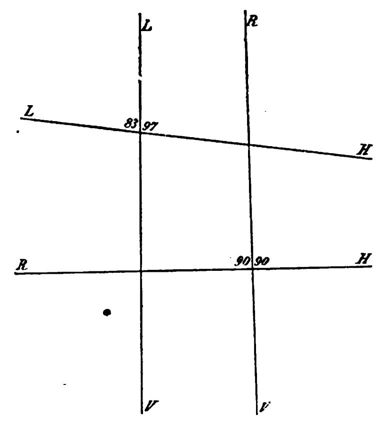


Fig. 8.

Personne C. — La rotation de la tête autour de l'axe vertical, le corps droit immobile ; déviation de l'angle égale à 0°, dans la rotation à droite, et égale à 3° dans la rotation à gauche.

rotation à gauche elles atteignaient 3° et 6°, lorsque la tête seule exécutait le mouvement. Les lignes verticales ne s'écar-

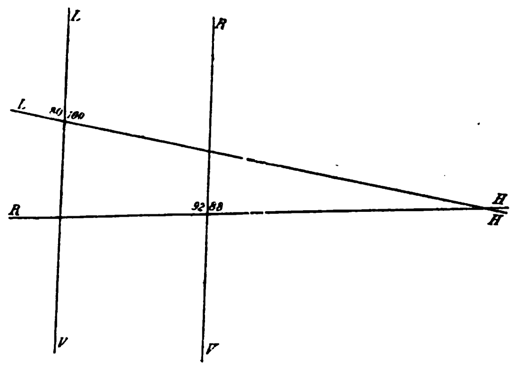


Fig. 9.

Personne C. — Rotation de la tête et du corps autour de l'axe vertical. Dans la rotation à droite la déviation de l'angle est de 10°, la rotation à gauche de 2°.

taient que très peu de la normale, et cela au cours des deux mouvements; les horizontales accusaient un écart plus grand,

surtout pendant la rotation à gauche. Dans ce dernier cas, la différence d'angle reposait presque exclusivement sur l'écart de la direction horizontale. Dans la rotation à gauche, *les verticales correspondent aussi bien que les horizontales, aux écarts que commettait généralement M. lorsqu'elle dessinait dans l'obscurité et la tête droite.*

La figure 10 représente les erreurs de G. On y voit que

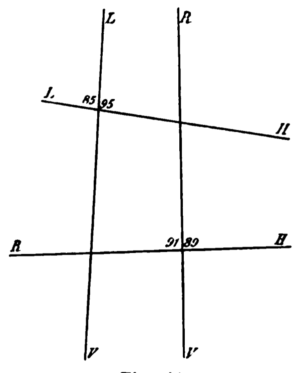


Fig. 10.

Personne G. — Rotation de la tête autour de l'axe vertical ; déviation de l'angle de 90° égale 1°, dans la rotation à droite; égale 5° dans la rotation à gauche.

chez lui aussi la différence d'angle repose principalement sur l'écart de la ligne horizontale. La verticale est presque exactement régulière dans la rotation à gauche ; celle qui est dessinée pendant la rotation à droite dévie un peu de droite à gauche et de haut en bas. *Cette déviation correspond, elle aussi, à celle qui se produit chez G. lorsqu'il dessine dans l'obscurité, la tête droite.*

C'est ainsi que pendant les rotations autour de l'axe vertical, les erreurs de G. correspondent à celles que nous avons observées chez C. et chez M. Si l'on examine de plus près les tracés des directions verticale et horizontale obtenus pendant les rotations de la tête autour de son axe vertical, on est en droit de se demander, si les légers écarts dans la reproduction de ces directions doivent être considérés comme des erreurs réelles de perception.

Les lignes verticales ne s'écartent pas plus de la norme que

lorsqu'elles sont tracées dans l'obscurité et dans la position droite de la tête ; mais que la tête tourne à droite ou à gauche, ces écarts se produisent dans le même sens, que lorsqu'elle reste droite et immobile. En ce qui concerne ces lignes, leurs écarts doivent être considérés comme une expression de *l'erreur personnelle*. Deux circonstances plaident fortement en faveur de cette interprétation : 1° en reproduisant les directions verticales, G. se comporte, lors de la rotation de la tête autour de son axe vertical, *exactement de la même façon* que tous les autres sujets ; 2° M., qui dessine fort bien, présente, pendant les rotations de la tête autour de son axe vertical, les mêmes écarts que lorsqu'elle tient la tête droite.

Les écarts des lignes horizontales pouvaient avec plus de raison être attribuées à des erreurs. Ainsi que le montrent les figures 8, 9 et 10, ces écarts se produisent, *pendant la rotation à gauche*, exactement de la même façon que dans la position droite de la tête ; ils sont seulement un peu plus prononcés. Cette aggravation de l'erreur personnelle peut aussi être mise en partie sur le compte de la difficulté que le sujet éprouve pendant la rotation à droite, à manier la règle avec la main gauche. La partie supérieure du corps étant tournée à gauche, cette main doit être dirigée à droite, ce qui rend l'application de la règle quelque peu défectueuse. On n'a pour s'assurer de cette influence, qu'à comparer les écarts des lignes horizontales sur les figures 8 et 9. Cette dernière a été obtenue, alors que le corps et la tête étaient complètement tournés à gauche. Le maniement de la règle n'en est devenu que plus difficile et l'écart de la ligne horizontale plus prononcée. Il est en revanche moins facile de faire remonter à une simple aggravation de l'erreur personnelle l'écart que subit la ligne horizontale pendant la rotation à droite. Cet écart ne se produit pas en effet dans le même sens que dans l'attitude droite de la tête. Il correspond au contraire, tout à fait à celui qu'on obtient, lorsque la tête est penchée sur l'épaule droite. On constate, il est vrai, chez la plupart des personnes, que la rotation de la tête à droite autour de l'axe vertical ne va pas sans une légère position oblique. On pourrait donc, à la rigueur, expliquer par cette circonstance le sens

de la déviation de la ligne horizontale. Il est en tout cas incontestable que la rotation de la tête autour de son axe vertical ne produit pas d'erreurs portant sur la direction verticale. *Les plans des canaux semi-circulaires verticaux ne subissent, en effet, aucun déplacement au cours de cette rotation.* L'erreur relative à la direction verticale, à supposer qu'elle se produise, est en tout cas très légère ; pour la plus grande

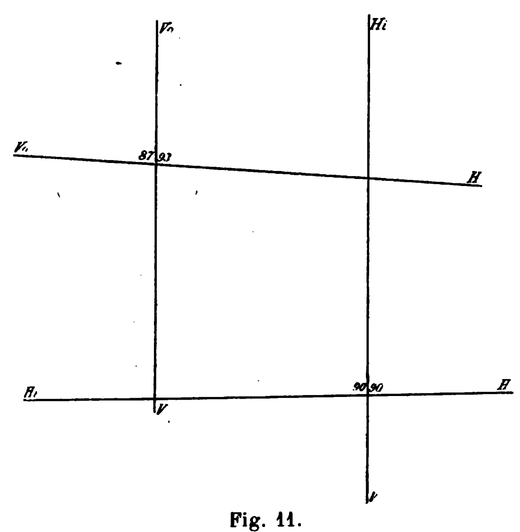


Fig. 11.
Personne G. — Rotation de la tête autour de l'axe transversal. Déviation de l'angle pendant la rotation en avant égale à 3°; rotation en arrière égale à 0°.

partie ces déviations doivent être mises sur le compte de l'erreur personnelle et de l'incommodité de manier la règle pendant ces rotations.

Les figures 11, 12 et 13 fournissent la démonstration des erreurs qui se produisent lorsque les directions verticale et horizontale sont tracées dans l'obscurité et pendant que la tête subit une rotation autour de son axe transversal, c'est-à-dire en avant et en arrière. Ainsi qu'on le voit, les différences d'angles, lorsqu'elles existent, sont assez légères et ne dépassent pas les erreurs qui sont commises dans l'obscurité, alors que la tête est maintenue dans l'attitude droite. Chez C., les verticales des deux directions opposées présentent une dévia-

tion à peine perceptible du même côté. Dans les deux cas,

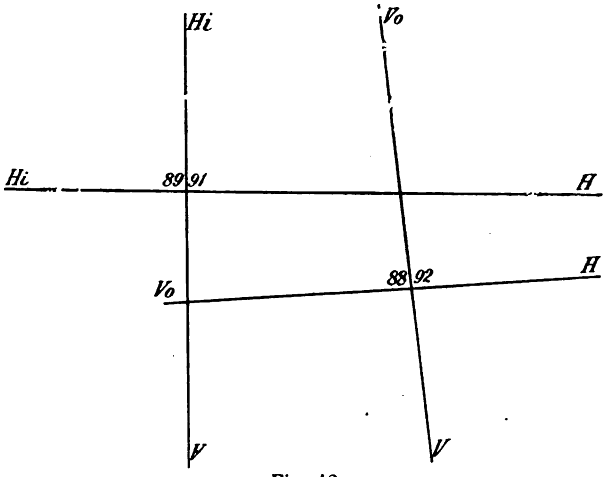


Fig. 12.
Personne M. — Même rotation de la tête autour de l'axe transversal. Rotation en avant égale une déviation de 2°, en arrière — un seul degré.

Les lignes horizontales dévient, dans le même sens un

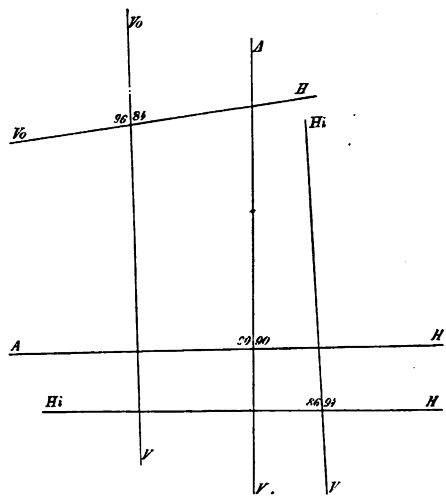


Fig. 13.
Personne G. — Tête droite, les yeux ouverts; Chambreclaire. Déviation égale 0, pendant la rotation de la tête autour de l'axe transversal; dans l'obscurité égale 6°, en arrière 4°.

peu plus au cours de la rotation de la tête en avant; c'est

à cela que tient l'insignifiante différence d'angle dans le dernier cas. Chez M., les lignes horizontales présentaient également des écarts dans le même sens, ces écarts étant un peu plus accusés au cours de la rotation en arrière. Les verticales se séparent légèrement. Chez G., les horizontales suivent des directions opposées tandis que les verticales présentent la même direction.

D'une façon générale, en ce qui concerne tout au moins les directions verticales, il peut à peine être question d'erreurs réelles au cours des rotations de la tête autour de son axe transversal. Il s'agit très probablement, dans ces rotations comme dans celles autour de l'axe vertical, d'erreurs personnelles, auxquelles s'ajoutent, lors de l'exécution des dessins, les erreurs inhérentes aux expériences.

Qu'il s'agisse de dessinateurs expérimentés ou non, les erreurs qu'ils commettent lors des rotations de la tête autour de son axe horizontal sont à peu près les mêmes sur les dessins faits dans l'obscurité que sur ceux faits à la lumière. La raison en est facile à comprendre.

§ 6. — Erreurs portant sur les directions sagittale et transversale.

D'après ce qui a été dit plus haut, j'ai été obligé à cause des difficultés d'exécution, de renoncer à relever les erreurs portant simultanément sur les trois directions de l'espace. Les erreurs de la direction sagittale doivent donc être étudiées à part. Vu la grande importance que présente, pour l'intelligence des erreurs dont il s'agit, l'observation simultanée des modifications des angles de croisement, j'ai cherché à obtenir en même temps que le tracé de la direction sagittale, celui de la direction horizontale. Mais le procédé expérimental choisi et consistant à faire tracer les directions sur une feuille de papier fixée *horizontalement*, était de nature à rendre impossible la production des erreurs dans ce plan.

Les figures qui viennent d'être reproduites montrent en effet qu'en traçant la ligne horizontale les sujets cherchaient, autant que possible, à se maintenir dans le plan horizontal. Les écarts

se produisaient en *haut* et en *bas*, et leur interprétation n'offrait aucune difficulté.

Il en est autrement, lorsque les mêmes lignes sont tracées dans un plan *horizontal :* ici les déviations ou plutôt les erreurs de direction se produisent en *avant* et en *arrière*. Il s'agit donc à proprement parler de déviations *vers la direction sagittale d'une ligne à tracé transversal*, de même que les lignes à tracé *sagittal* dévient dans la direction *transversale*. Ce dernier cas se reproduisit dans les expériences citées plus haut et relatives aux tracés de ligne *verticale*.

Les mouvements dans la direction transversale, c'est-à-dire à droite ou à gauche se produisent autour du même axe vertical que les rotations dans un plan horizontal. Comme je l'ai montré plus d'une fois dans mes recherches sur le sens de l'espace, cette dernière rotation n'est à proprement parler qu'une continuation de la rotation à droite ou à gauche

Ces deux variétés de mouvements sont sous la dépendance de la paire de canaux semi-circulaires horizontaux. Les erreurs portant sur la direction transversale doivent donc découler des mêmes canaux semi-circulaires que les erreurs de la direction horizontale. Lorsque ces erreurs se manifestent dans les déviations des angles de croisement par rapport à l'angle droit, elles ont la même signification que dans les expériences relatées plus haut. La seule différence à signaler est la suivante : dans les tracés des directions horizontale et verticale faits selon le procédé choisi par nous, il s'agit de l'angle de croisement que le canal semi-circulaire horizontal forme avec le vertical (postérieur) ; tandis que dans les tracés des directions sagittale et transversale l'angle en question est celui que forment les canaux semi-circulaires horizontaux et sagittaux. En d'autres termes : d'après les considérations formulées plus haut, le sujet étant assis, les dessins exécutés de la façon indiquée dans l'obscurité, sont de nature à nous renseigner sur les rapports qui existent entre les canaux semi-circulaires. *La tendance à observer l'angle droit se rapporte donc dans les expériences citées, à l'angle que forment les canaux semi-circulaires horizontaux et sagittaux* (verticaux antérieurs). Cette conclusion ne s'impose, que

si les lignes sagittales, tracées au cours des expériences en question, expriment réellement notre perception de la direction sagittale. D'après leur aspect extérieur, les dessins exécutés dans la position assise et sur une feuille de papier fixée horizontalement ressemblent à ceux tracés sur une feuille verticale. Lorsque nous traçons, pendant que nous sommes assis une ligne verticale, nous faisons au fond la même chose qu'une personne soumise à l'expérience, lorsqu'elle trace la direction sagittale. Le danger d'une confusion existait donc certainement, surtout chez les dessinateurs expérimentés.

Afin d'éviter cette confusion, *je laissais les sujets diriger la règle, avant son application, d'abord en avant et ensuite en arrière, par rapport à leur propre corps.* Cette mesure de précaution s'est montrée assez efficace, et la preuve en est dans ce fait que *les erreurs, c'est-à-dire les fautes de dessin, commises dans les différentes expériences concernant le tracé des lignes sagittales coïncidaient très rarement avec les erreurs portant sur les lignes verticales.* Par contre, les erreurs dans les directions transversales coïncident complètement, *du moins quant à leur sens,* avec les écarts des directions verticales commis dans les mêmes conditions. Si dans l'obscurité nous tendons en avant un bâton un peu long et si, sans changer de place, nous le déposons avec précaution sur une table en le croisant ensuite avec un bâton tenu dans la direction transversale, nons obtenons, en ce qui concerne les directions sagittale et transversale, des écarts qui correspondent exactement quant à leur sens, à ceux déjà constatés sur les dessins. Ceci prouve également que les tracés reproduisent dans l'énorme majorité de cas les directions désirées. La figure 14 représente un dessin qui a été exécuté par nous dans l'obscurité, sur une feuille de papier fixée dans une position exactement horizontale.

Je reproduis cette figure de préférence à beaucoup d'autres, parce qu'elle permet de se rendre compte aussi bien des écarts qui se produisent dans la direction sagittale, lorsque la tête est dans la position droite (AS), que des deux éventualités qui surviennent lors des rotations de la tête autour de l'axe sagittal. LS-LH et RS-RH montrent les

déviations, qui se produisent exceptionnellement dans les directions sagittales et qui correspondent exactement à celles

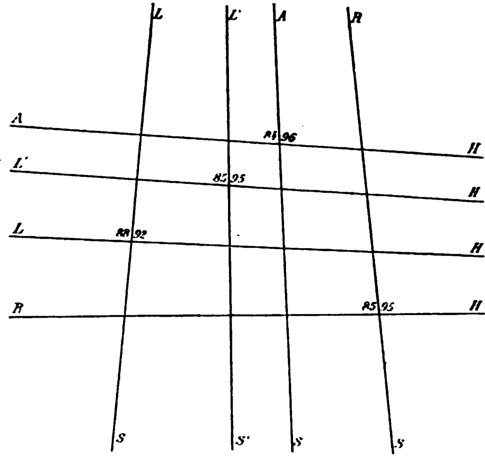


Fig. 14.

Personne C. — *AS* et *AH* représentent la direction sagittale et transversale dans l'obscurité, la tête droite ; *RS* et *RH* les mêmes directions, la rotation de la tête autour de son axe sagittal à droite. *L'H'* et *L'S'* rotation à gauche.

que nous avons observées, lors de ces mêmes rotations de la tête, pour la direction verticale. L'S et L'H figurent au

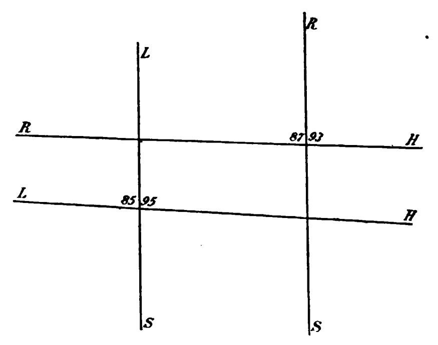


Fig. 15.

Personne M. — Mêmes désignations que figure 14.
Déviations des angles = 3° et 5°.

contraire le cas beaucoup plus fréquent où la ligne sagittale dévie, pendant l'inclinaison à gauche dans le même sens

que dans l'inclinaison à droite et la tête gardant toujours l'attitude droite. C'est là, disons-nous, le cas le plus fréquent : les deux mouvements de la tête font dévier les directions

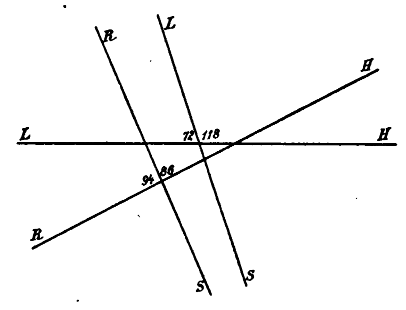


Fig. 16.
Personne G. — Mêmes désignations que dans les deux figures précédentes. Différences des angles 4° a 9°. (Sur ligne *LH* lire 108 au lieu de 118).

sagittales de gauche à droite et de haut en bas ; les directions sagittales peuvent alors être exactement parallèles ou, ce qui est plus rare, l'une d'elles dévie un peu plus fortement

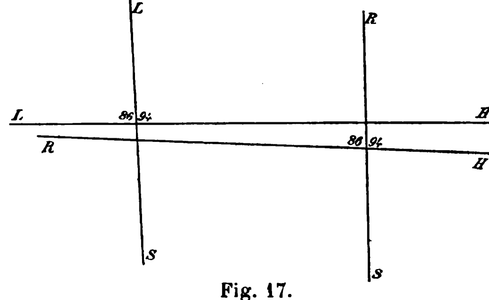


Fig. 17.
Personne C. — Les directions sagittale et transversale pendant la rotation de la tête autour de son axe vertical. Déviations = 4°.

dans le sens indiqué. Tel est le cas des figures 15 et 16. Cette différence de perception de la direction sagittale dans les inclinaisons de la tête vers les épaules paraît être due à cette circonstance qu'il est difficile, lorsqu'on est assis, d'imprimer à la tête des inclinaisons suffisantes, si l'on veut en même temps conserver au corps son attitude exactement droite. Or, l'attitude droite du corps est une condition indis-

pensable de l'exécution satisfaisante des dessins. La rotation de la tête dépasse rarement dans ces cas un angle de 40° à 45°, et on observe alors généralement une déviation identique pour les rotations dans les deux sens (L'S' fig. 14, LS-RS fig. 15 et 16).

Si on exécute une rotation plus forte, se rapprochant par exemple de 90°, ce qui chez les personnes un peu âgées ne peut être obtenu que par une torsion latérale simultanée de la partie supérieure du corps, on voit se produire des erreurs dans le genre de celles que représentent les lignes L'S (fig. 14) ou LS-RS (fig. 17), c'est-à-dire des erreurs de perception de la direction dans un sens opposé à celui des inclinaisons de la tête. En d'autres termes : 1° *au cours des rotations prononcées de la tête autour de l'axe sagittal, lorsque cette rotation atteint un angle de* 90° *environ, l'erreur dans la direction sagittale paraît se produire dans un sens identique à celui des erreurs que nous observons toujours, en ce qui concerne la direction verticale, lors des rotations de la tête autour du même axe, quel que soit d'ailleurs l'angle de cette rotation ;* 2° *lorsqu'au contraire l'angle de rotation ne dépasse pas* 40° *à* 45°, *la perception de la direction sagittale ne révèle qu'une légère exagération de l'erreur commise dans l'obscurité, la tête étant dans la position droite.*

Je me suis servi, dans la première de ces propositions, du mot *paraît*, parce que dans les rotations étendues de la tête et du tronc, il reste toujours *possible* que le sujet trace malgré tout et involontairement la direction verticale. Cette possibilité se réalise d'autant plus facilement dans le cas, où on se trouve en présence de personnes, habituées à la suite d'expériences longtemps répétées, à tracer des directions verticales. Il faut, si l'on veut éviter ces sources d'erreurs, pratiquer, au cours des expériences, des mensurations exactes des angles de rotation de la tête. Les erreurs portant sur la direction sagittale se manifestent chez G. exactement de la même façon que chez C., chez M. et chez deux autres sujets. C'est là une preuve de plus que le plus souvent il ne s'agissait pas dans ces figures du tracé de la direction verticale (fig. 15 et 16).

Il faut encore montrer que chez G. aussi, des exceptions, se produisaient où il confondait la sagittale avec la verti-

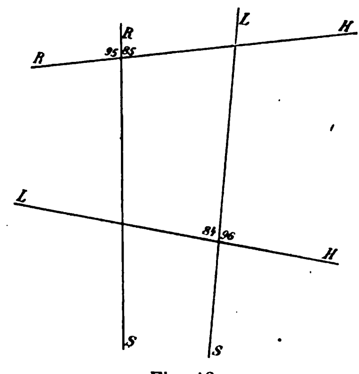


Fig. 18.
Personne M. — Mêmes conditions d'expérience que dans la figure 4. Les déviations = 5° et 6°.

cale. Chez C. et M., les lignes sagittales montrent, lors des rotations de la tête autour de l'axe vertical, des écarts aussi

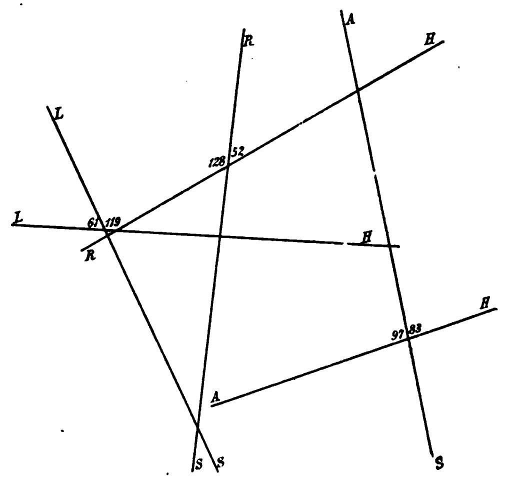


Fig. 19.
Personne G. — *AS* et *AH* directions sagittale et transversale, dans l'obscurité, position de la tête droite ; déviation = 3°. *LS*, *LH*, *RS* et *RH*, mêmes directions pendant la rotation de la tête autour de son axe vertical. Déviations = 25 à 38°.

légers que ceux des lignes verticales des figures 11-13. Les directions transversales se comportent comme les horizon-

tales des mêmes figures; du moins en ce qui concerne le sens de l'erreur commise (fig. 17 et 18).

Ceci confirme l'interprétation de ces erreurs que nous avons donnée plus haut dans le § 5. Elles peuvent à peine être considérées comme des erreurs de perception des directions, surtout en ce qui concerne les lignes verticales et sagittales.

Ainsi qu'on le voit sur la figure 19, les tracés de G. exé-

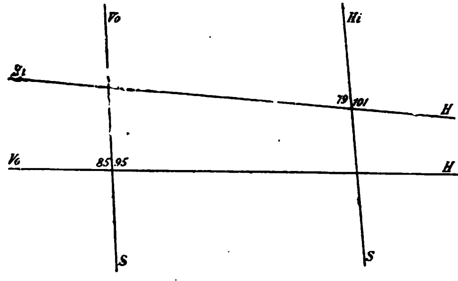


Fig. 20.

Personne G. — *VoS*, *VoH*, correspondent aux rotations de la tête en avant. *HiS*, *HiH*, rotation en arrière. Déviation de l'angle = 5° et 11°.

cutés pendant ces rotations présentent des inclinaisons tout à fait extraordinaires, aussi bien des lignes LS et RS que des deux lignes transversale et horizontale. C'est aux écarts de ces dernières qu'on doit les grandes déviations des angles qui varient de 29° à 38°. En ce qui concerne le sens de l'inclinaison inaccoutumée des lignes LS et RS, qui rappelle tout à fait les erreurs dans la direction verticale observées chez G. la question de savoir s'il s'agit des directions sagittales doit être laissée ouverte. Le degré des différences des angles repose, aussi bien dans cette figure que dans la figure 21, sur une circonstance particulière qui sera traitée longuement au paragraphe 8. Il s'agit notamment de l'exagération des erreurs que j'ai constatée d'abord chez G. et plus tard chez d'autres personnes à la suite d'une longue excitation du labyrinthe par des ondes sonores, antérieurement à l'expérience. A la seule différence près, que les lignes sagittales gardent, comme presque toujours, une position parallèle *oblique*, on peut appliquer à la figure 20 ce qui a

été dit plus haut, à l'occasion d'une rotation analogue de la tête autour de son axe transversal (paragraphe 5). Les lignes transversales présentent des inclinaisons dans le même sens que sur la figure 11. Pour interpréter cette dernière figure, on n'a qu'à utiliser les observations faites lors de la discussion de la figure 19.

§ 7. — Influence de la position des yeux sur les erreurs de perception des directions.

Nous avons exposé, dans les paragraphes précédents, les principales erreurs auxquelles nous sommes sujets lors de la perception des directions dans l'obscurité. Nous pouvons d'ores et déjà tirer quelques propositions *générales* des expériences relatées.

1° Les erreurs déterminées par le labyrinthe de l'oreille se manifestent avec une grande régularité *quant à leur sens*, mais varient *quant à leur intensité*.

2° On doit faire une distinction rigoureuse entre les *erreurs* et les *défauts* de perception des directions, ces derniers reposant en partie sur des fautes *personnelles* de nature anatomique, en partie sur des fautes commises *accidentellement* au cours de l'exécution des tracés, qui représentent nos perceptions des directions dans des conditions expérimentales données. Les variations souvent légères auxquelles sont sujettes *nos erreurs réelles, en ce qui concerne leur intensité*, peuvent provenir, en partie du moins, de fautes de ce genre. On pouvait se demander toutefois si ces variations d'intensité ne venaient pas d'autres causes encore, agissant d'une façon constante. Parmi les figures reproduites se trouvent quelques-unes où ces variations affectent des proportions vraiment extraordinaires et se manifestent principalement dans une déviation considérable des angles de croisement par rapport à 90°. Ces variations particulièrement frappantes chez G. se sont produites également chez M., quoique sous une forme plus atténuée. Les causes du genre de variations sont examinées de plus près au paragraphe 8, où se trouve en même temps mise en lumière leur

véritable portée. Nous examinerons ici un autre facteur qui pouvait se manifester d'une façon identique chez tous les sujets soumis aux expériences, et auquel on doit songer en premier lieu : nous voulons parler de l'influence que la position des yeux est susceptible d'exercer sur les erreurs de perception des directions. Yves Delage a tiré de ses expériences la conclusion que les erreurs, observées par lui, reposaient seulement sur les changements que les rotations de la tête imprimaient à la direction du regard. Il a été conduit à cette conclusion, du moins dans une partie de ses observations, par la simple disposition de ses expériences. Lorsque par exemple on dirige en avant, vers un point déterminé, un bâton tenu avec les deux mains et qu'on incline en même temps la tête sur une épaule, ce mouvement suffit à faire dévier la pointe du bâton de sa direction primitive dans un sens opposé à celui de la rotation. Quand on évite cette source d'erreur, en ne dirigeant le bâton vers le point voulu, qu'après avoir incliné la tête, on n'observe la déviation en question, qu'à un degré bien atténué, *et cela aussi bien les yeux fermés qu'ouverts.*

La raison en est que la ligne du regard ne se trouve plus dans le même plan que la pointe du bâton et le point visé. Elle est déplacée à droite ou à gauche, selon que la tête est penchée à droite ou à gauche ; la ligne du regard passant à côté de la pointe du bâton est dirigée vers le côté opposé par la position du point visé. Il est très facile de s'en assurer en dirigeant le bâton en avant. *Il ne s'agit donc nullement dans ce cas d'une erreur de perception de la direction, mais d'une conséquence accidentelle de la disposition qu'on a soi-même donnée à l'expérience.* Qu'on vise à la lumière ou dans l'obscurité, on commet toujours la même erreur. L'occlusion des yeux n'y change rien, parce qu'on *vise* toujours avec les yeux. Un grand nombre des données expérimentales de Yves Delage proviennent de cette *source d'erreurs.* Dans mes expériences où il s'agissait, non de *viser un point déterminé,* mais de reproduire à l'aide de lignes droites nos perceptions réelles des directions, cette source d'erreur n'existait pas. Il ne pouvait donc pas être question, dans mes

expériences citées d'une pareille influence de la ligne visuelle.

En instituant mes expériences sur l'influence possible des yeux, je ne pouvais naturellement pas songer davantage aux mouvements oculaires dits *compensateurs*, qui furent décrits au cours des rotations de la tête autour de l'axe sagittal par Javal, Donders et autres, et que Mach et Breuer rattachèrent à tort au labyrinthe de l'oreille. Le caractère erroné de cette conception a été établi de façon définitive à la suite de nombreuses expériences sur l'homme et les animaux et après de longues polémiques et discussions. J'ai montré, dans mes travaux des années 1878, 1897 et 1899, que les mouvements oculaires se produisant au cours des rotations passives des animaux, n'ont rien à voir avec les canaux semi-circulaires, que ces derniers, ne subissant aucune excitation du fait de ces rotations, ne peuvent agir sur l'appareil oculo-moteur en l'excitant à son tour. J'ai également fourni une explication expérimentale de la véritable signification des mouvements oculaires qui nous occupent. Les expériences de Lyon ont pleinement confirmé le fait que j'ai établi, à savoir que ces mouvements oculaires se produisent également après la destruction du labyrinthe et la section des nerfs auditifs [1].

Tout autre était l'enchaînement des idées qui m'a mené à rechercher une influence possible des positions des yeux sur les erreurs dans la perception des directions, dans la mesure où cette perception se trouve sous la dépendance du labyrinthe. Les lois que j'ai découvertes et développées en 1875-78, d'après lesquelles le labyrinthe commandait tout l'appareil oculo-moteur, m'ont depuis servi comme base de ma théorie que l'oreille est l'organe sensoriel pour l'orientation dans l'espace et pour la formation de nos représentations d'un espace à trois dimensions. La collaboration harmonieuse des

1. A vrai dire, Breuer a observé la même chose lorsqu'il a vu que les mouvements oculaires dits compensateurs se produisaient également après la destruction des deux labyrinthes. En lisant attentivement les travaux de von Barány et de ses imitateurs, tels que Breys et Kermebert, on s'aperçoit qu'ils commencent à reconnaître eux aussi que le nystagmus visuel n'a pas la même signification que le nystagmus auditif. Seules leurs méthodes erronées ne leur permettent pas de préciser rigoureusement la différence qui sépare l'un de l'autre.



sensations visuelles du nerf optique et des sensations de direction du nerf vestibulaire ou spatial, repose justement sur cette dépendance de l'appareil oculo-moteur des canaux semi-circulaires.

« Quel peut être en effet le but d'un dispositif tel, que « toute excitation artificielle d'une paire de canaux semi- « circulaires produit des mouvements réguliers des globes « oculaires, de la tête et du tronc, dans le plan même de ces « canaux ? Selon les animaux, on voit prédominer tantôt les « mouvements d'une de ces parties du corps, tantôt ceux « de la tête et des yeux. Mais on peut contraindre tout ani- « mal, en rendant impossibles les mouvements de son tronc « et de sa tête, à n'exécuter, lors de ces excitations que des « mouvements oculaires. *Le déplacement de la ligne visuelle « constitue donc le premier but de tous ces mouvements « produits par le canal semi-circulaire*. Il en résulte que *la « direction de la ligne visuelle dépend régulièrement de « la qualité de la sensation de direction qui produit l'exci- « tation du nerf ampulaire correspondant*. La dépendance « de l'appareil oculo-moteur du labyrinthe n'a point d'autre « signification » (Voir chap. VI, § 2).

C'est ainsi que le labyrinthe de l'oreille commande et évoque, en vue de fins physiologiques déterminées, des mouvements exactement coordonnés de la tête, du tronc et des globes oculaires. C'est précisément là-dessus que repose la faculté du labyrinthe de régler et de diriger les forces d'innervation de notre appareil musculaire *volontaire*. Aussi ai-je catégoriquement déclaré dès 1879, que cette faculté constitue la condition indispensable du fonctionnement de l'appareil des canaux semi-circulaires, en tant qu'organe du sens de l'espace.

Le fonctionnement simultané de certains muscles des yeux et de la tête en vue des mêmes fins doit être considéré comme la cause de l'*association étroite qui existe entre certains mouvements des yeux et de la tête, d'un côté, et certaines perceptions et représentations de directions ayant leur point de départ dans le labyrinthe, d'un autre côté*. On pouvait donc prévoir dès le début des expériences que quand les mouvements de la tête correspondant à certaines sensations

de direction du labyrinthe sont accomplis *volontairement*, ils doivent nécessairement exercer une influence sur la perception de ces directions.

Une pareille influence des mouvements de la tête et des yeux sur la perception des *sensations*, ayant leur point de départ dans les canaux semi-circulaires, doit être rigoureusement distinguée de celle que les mêmes mouvements exerceraient, d'après Mach et Breuer en tant que prétendus *excitateurs* des canaux semi-circulaires. *La première de ces influences est un effet purement psychique de l'excitation des canaux semi-circulaires ; l'autre, si elle existait réellement, ce qui n'est pas le cas, en serait au contraire la cause.*

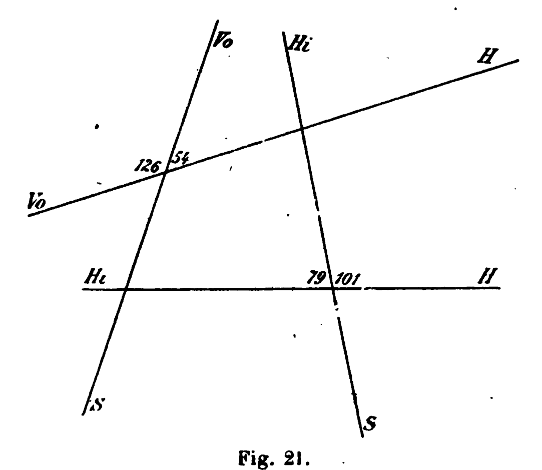


Fig. 21.
Personne G. — Même désignation des lignes. Rotation de la tête autour de l'axe transversal.

Les figures 22-31 sont destinées à mettre sous les yeux du lecteur le résultat des expériences instituées en vue de la solution de cette question.

Deux attitudes des yeux ont été essayées lors des rotations de la tête. Dans la première les deux yeux étaient dirigés *en bas*, du même côté que la tête. Dans l'inclinaison de la tête sur l'épaule *gauche* l'attitude des yeux correspondait à celle que nous adoptons, lorsque nous voulons regarder le sol dans le voisinage de la partie *gauche* de notre corps. Dans *l'incli-*

naison à droite le regard était dirigé en *bas et à droite*. La

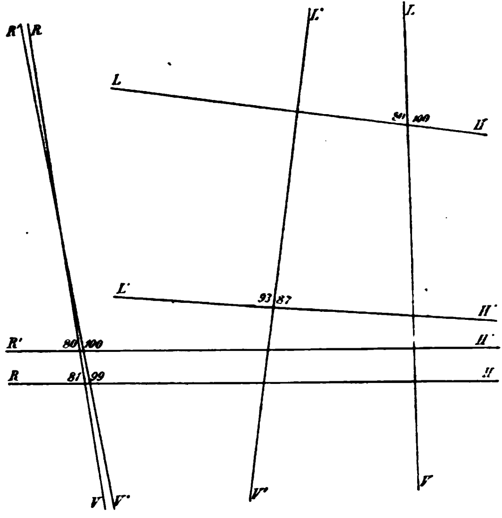


Fig. 22.

Personne C. — Position debout. Rotation de la tête autour de l'axe sagittal. *RV, RH* inclination de la tête à droite, direction visuelle en bas; *LV, LH* direction de la tête à gauche; même direction visuelle. *R'V', R'H'*. *L'V', L'H'*, même rotation de la tête, avec direction visuelle en *haut*, Déviation des angles = 9° et 10° dans le premier cas, 10° et 3° dans le second.

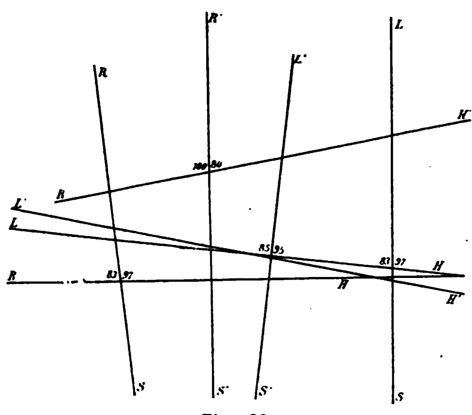


Fig. 23.

Personne C. Assis; regard dirigé en bas : *RS, RH* et *LS, LH*, déviations de l'angle = 7° et 7°. Regard dirigé en haut : *R'S', R'H', L'S'*, déviations = 10° et 5°.

deuxième attitude choisie était telle que le regard était dirigé

en haut et à droite, dans *l'inclinaison à gauche,* comme si

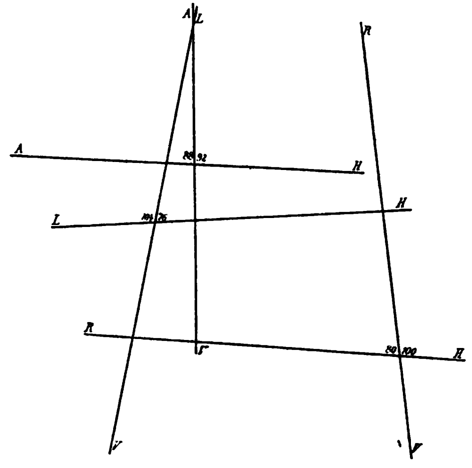


Fig. 24.

Ligne visuelle dirigée en *bas*. Rotations de la tête autour de l'axe sagittal. directions verticale et horizontale. Mêmes désignations que dans la fig. 22. Déviations de l'angle = 10° et 14°. Dans la position droite de la tête les lignes *AV*, *AH* ont donné 2° de déviation.

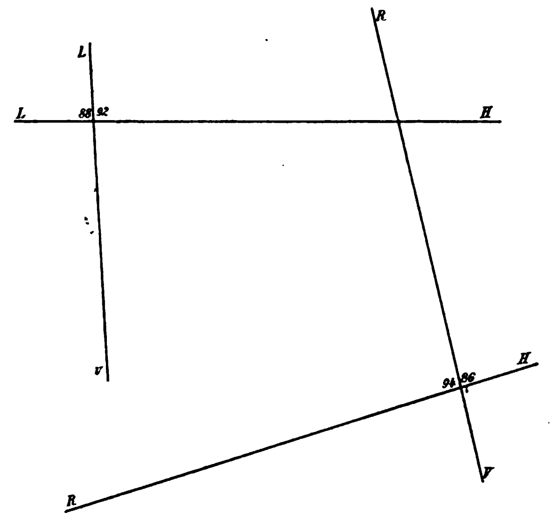


Fig. 25.

Personne M. — Les mêmes rotations de la tête que dans la fig. 24; ligne visuelle dirigée en *haut*, déviations de l'angle = 2° et 6°.

la personne avait voulu fixer un objet en haut, au-dessus de la

moitié droite de sa tête. *Dans l'inclinaison à droite* le regard était dirigé *en haut et à gauche*. Les expériences ont été faites sur moi-même, sur M. et sur G., La première attitude des yeux correspond à celle qu'on adopte soi-même le plus fréquemment et le plus facilement dans les inclinaisons de la tête sur l'épaule. Quant à la deuxième, on cherche à l'adop-

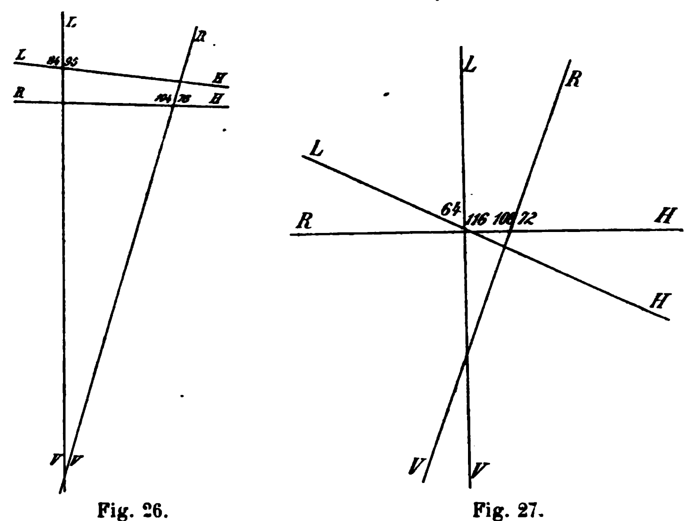


Fig. 26.

Personne G. — Mêmes conditions d'expérience que dans les 2 figures précédentes. Ligne visuelle dirigée en bas. Déviations de l'angle = 14° et 16°.

Fig. 27.

Personne G. — Mêmes conditions d'expérience. Lignes visuelles dirigées en haut. Déviations de l'angle = 18° et 26°. *N.-B.* Ces 2 expériences ont été exécutées après que G. eut joué assez longtemps du violon (voir paragraphe suivant).

ter *involontairement*, lorsque les expériences d'exécution des dessins se renouvellent souvent; et on le fait, parce qu'on croit pouvoir, malgré l'occlusion des yeux, contrôler avec le regard le maniement de la règle et du crayon. Les deux attitudes des yeux étaient donc familières aux sujets, et on peut admettre avec une certitude suffisante, qu'ils ont gardé l'attitude qui leur était recommandée.

Sur la figure 22 il s'agissait naturellement des axes vertical et horizontal, sur la figure 23 des axes sagittal et transversal. Les deux expériences ont été exécutées l'une à la suite

de l'autre. Chez aucun des trois sujets la direction du regard n'a exercé une influence quelconque sur le *sens* des déviations

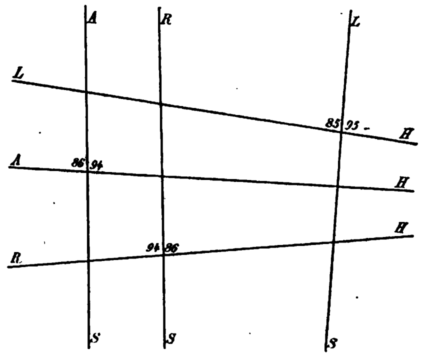


Fig. 28.

Personne C. — Assis. Rotations de la tête autour de l'axe vertical. Ligne visuelle dirigée en avant tout droit. Déviations de l'angle = 5° et 6°, la tête droite = 4°.

des directions. Mais si le sens des erreurs est toujours resté le même, on ne pouvait pas en dire autant du degré des

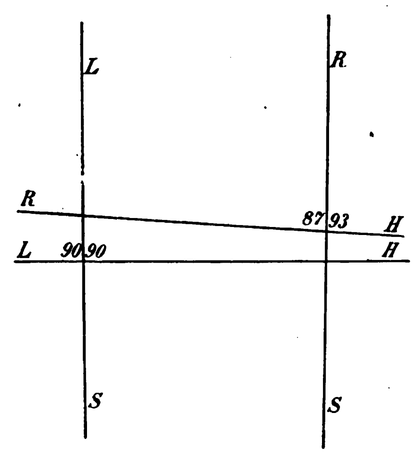


Fig. 29.

Personne *C.* — Assis; mêmes rotations de tête que fig. 28. Regard dirigé en arrière sur la feuille de papier. Déviation = 0° et 3°.

déviations. Les directions horizontale et transversale présentaient chez tous les sujets des déviations notablement plus

fortes lorsque le regard était dirigé *en haut* que lorsqu'il était dirigé *en bas;* en d'autres termes, *les erreurs étaient plus*

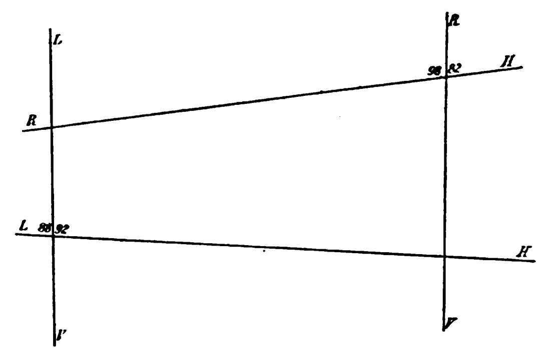


Fig. 30.
Personne M. — Rotations de tête autour de l'axe vertical.
Regard dirigé en arrière. Déviations sur le papier = 2° et 8°.

marquées lorsque les globes oculaires étaient orientés dans une direction opposée aux inclinaisons de la tête. Aussi

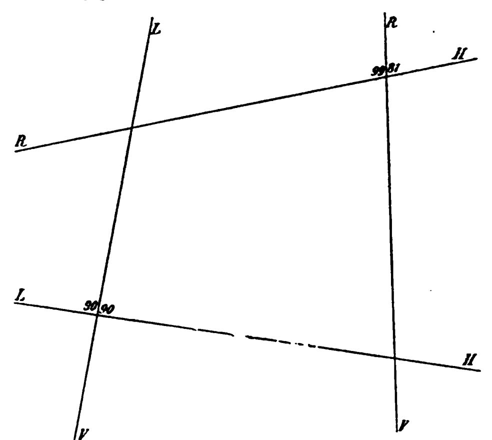


Fig. 31.
Personne M. — Mêmes rotations de tête. Regard dirigé en bas.
Déviations = 0° et 9°.

voit-on sur les figures que les déviations des angles sont *souvent* plus grandes lorsque le regard est dirigé en haut que lorsqu'il est dirigé en bas. Mais il arrive aussi, comme par exemple chez M. (figures 24 et 25) que malgré les déviations

plus marquées des lignes horizontales, les différences des angles s'effacent grâce à de légères inclinaisons des verticales. Dans une moyenne de huit séries d'expériences instituées sur moi, les différences pour les rotations à gauche, le regard dirigé *en bas*, étaient de 11° et 10°, pour les rotations à droite le regard dirigé *en haut*, de 8° et 19°. Dans *trois* expériences la différence était de 20° pour la rotation à droite, le regard dirigé *en haut*, et de 0° lorsque le regard était dirigé *en bas*. Les degrés des déviations des lignes verticale et sagittale ne semblent pas exercer une influence quelconque sur les modifications de la direction du regard s'opérant de la façon que nous venons d'indiquer. Les figures 28, 29 et 30 proviennent d'expériences sur les rotations de la tête autour de son axe vertical.

Les figures 28 et 29 donnent les directions sagittale et transversale, les figures 30 et 31 les directions verticale et horizontale. Il est difficile d'établir avec certitude une différence quelconque au point de vue des déviations, entre la ligne du regard dirigée *droit en avant* et celle qui est dirigée *en arrière* vers la feuille de papier. Ainsi que nous l'avons montré plus haut, il ne pouvait être question, lors des rotations de la tête autour de son axe vertical, que d'erreurs portant sur la direction horizontale. La supposition émise plus haut, quant à une influence possible de la direction du regard sur le degré des erreurs, lorsque cette direction est opposée au sens d'inclinaison de la tête, cette supposition se trouve ainsi confirmée d'une façon positive par les erreurs de perception de la direction horizontale.

§ 8. — Influence des excitations sonores sur les erreurs de direction.

Nous avons, dans les paragraphes précédents, attiré plusieurs fois l'attention sur les variations extrêmement grandes, que présentent les différences des angles sur les figures du sujet G. (13, 18, 26 et 27).

On a pu constater, au cours de ces expériences, *que des erreurs d'une intensité aussi anormale ne se montraient*

chez G, que lorsqu'on le soumettait à des expériences après qu'il eut joué du violon pendant un temps plus ou moins long. Vu le grand intérêt que présente ce fait, j'ai résolu, afin d'examiner de plus près l'influence des excitations sonores sur les erreurs de direction, d'instituer des expériences *ad hoc*, aussi bien sur G. que sur M. et une troisième personne encore.

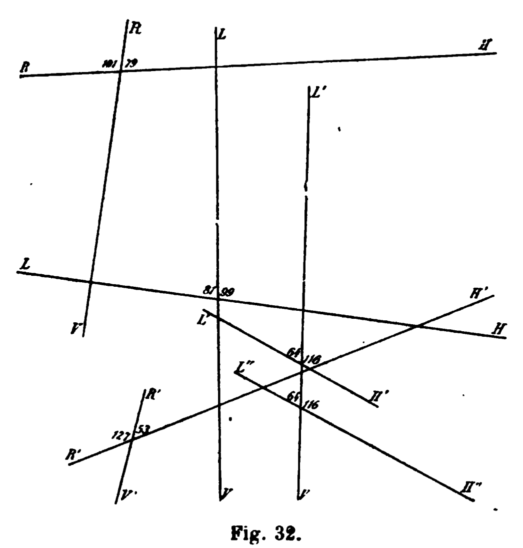


Fig. 32.

Personne G. — *RV* — *RH* et *LV* — *LH* sont dessinés la tête penchée vers l'épaule avec les *yeux ouverts*. Déviations = 11° et 9°. *R'V'* — *R'H'* et *L'V'* — *L'H'* avec les yeux fermés et dans la chambre obscure. Déviations des angles = 27° et 26°. Expérience après le jeu de violon.

G. est très doué au point de vue musical et possède une oreille d'une finesse extraordinaire. Nous allons citer ici tout d'abord quelques expériences montrant que lorsque son oreille a été excitée pendant quelque temps par des ondes sonores, les erreurs de direction qu'il commet, deviennent beaucoup plus intenses qu'à l'état de repos.

La figure 32 a été tracée par lui immédiatement après une heure de jeu du violon. On y constate des déviations très considérables des angles de croisement des lignes verticale et horizontale : 11° et 9° à la lumière (G. n'ayant naturellement pas pu voir la feuille de papier), 38°-26° dans l'obscurité. La grande intensité de l'erreur est due principalement à la forte

déviation des lignes horizontales. *Le sens des déviations des directions est celui qu'on observe habituellement chez G.* L'excitation prolongée du labyrinthe par les ondes sonores reste sans influence sur lui. La ligne L″H″ de la figure 32 est particulièrement intéressante. G. n'était pas sûr d'avoir bien tracé la ligne horizontale la première fois. Aussi enleva-t-il la règle pour l'appliquer de nouveau toujours dans l'obscurité : *la nouvelle ligne ainsi tracée fut exactement parallèle à la*

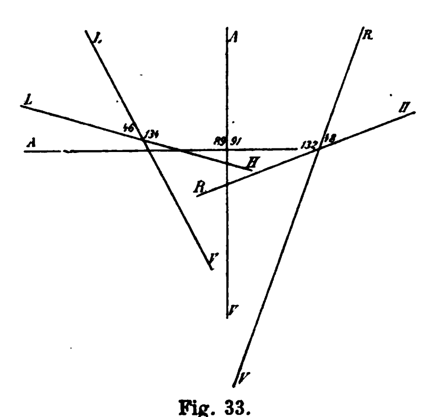


Fig. 33.

Personne G. — Mêmes dispositions que figure 32. *AV — AH* sont dessinées avec la tête droite, dans une chambre claire ; les autres lignes avec rotations de la tête autour de son axe sagittal.

ligne L'H' *tracée antérieurement ; les différences des angles restèrent également les mêmes.*

Les figures 33 et 34 ont été tracées après une demi-heure de jeu de violon. Dans l'attitude droite de la tête et à la lumière l'écart des angles n'était que de 1°. Les lignes ont été corrigées par le sens visuel. Par contre, sur la figure 34 faite dans l'obscurité et dans la même attitude de la tête, l'écart est monté à 5°. Les écarts dans les rotations de la tête vers les épaules droite et gauche sont de 42° et de 44° sur la figure 33, de 30° et de 28° sur la figure 34. Les erreurs dans la direction horizontale sont particulièrement prononcées sur l'une et sur l'autre.

La figure 35 montre les erreurs commises par G. dans les directions sagittale et transversale après une heure de violon.

A la vue d'erreurs aussi extraordinairement grandes de la part

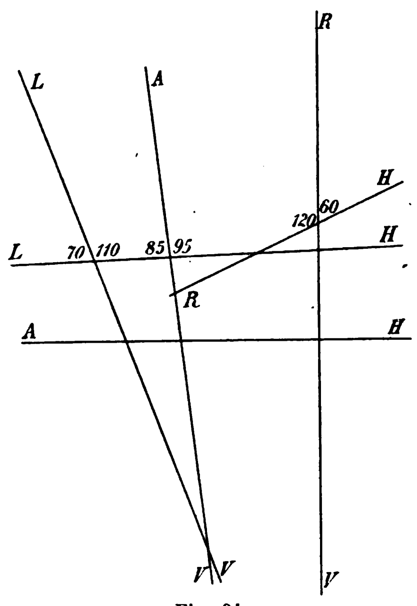


Fig. 34.

Personne G. — Mêmes désignations et conditions d'expérience que figure 33 ; les lignes ont été dessinées la tête droite et dans l'obscurité (par erreur le nombre des angles de *AV — AH* avait été transporté sur le croisement *AV — LH*).

d'un violoniste, on est tenté de se demander tout d'abord, si

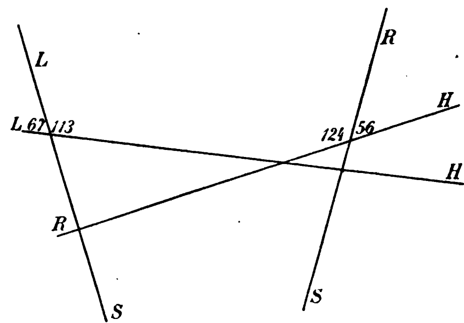


Fig. 35.

Personne G. — Assis ; rotation de la tête autour de l'axe sagittal, déviations des angles = 25° et 24°.

ce n'est pas l'inclinaison prolongée de la tête à gauche qui

influe sur les erreurs de perception des directions. Il suffit, pour éviter toute explication erronée, de rechercher, si les erreurs commises par G. garderont le même caractère, après que son oreille était exposée pendant quelque temps à des excitations musicales, sans qu'il ait joué lui-même (voir § 13).

Les figures 36 et 37 rendent compte des résultats de ces

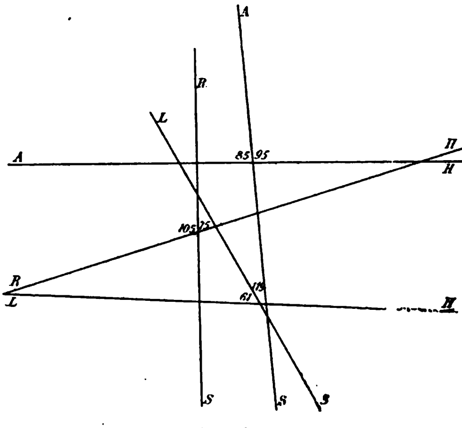


Fig. 36.

Personne G, après un concert. Rotations de la tête autour de l'axe vertical, mêmes désignations que fig. 35. *AS* et *AH* dans la position de la tête verticale.

expériences. G. assiste pendant quelques heures à un concert très bruyant, notamment à l'exécution du deuxième acte de *Tristan et Iseult ;* une demi-heure après il est soumis à une nouvelle épreuve (fig. 36).

On le voit, les déviations des angles atteignent ici également des valeurs élevées : 15° pour l'inclinaison à droite, 29° pour l'inclinaison à gauche. Ces déviations sont produites exclusivement, en ce qui concerne l'inclinaison à gauche, par l'erreur dans la direction sagittale, et en ce qui concerne l'inclinaison à droite, par l'erreur dans la direction transversale. (Les dessins correspondant aux rotations de la tête autour de l'axe sagittal ne sont pas reproduits ici, parce qu'ils présentent exactement le même caractère que ceux obtenus après le jeu de violon.) En revanche, les déviations des directions dans les rotations autour des axes vertical et transversal pré-

sentent des caractères qui ne diffèrent pas seulement *quantitativement* de celles qu'on observe d'habitude chez G. (à comparer avec les figures du § 5). L'expérience dont provient la figure 38 a été instituée, afin de déterminer pendant combien de temps l'action des ondes sonores sur le labyrinthe de l'oreille, peut encore se manifester par des erreurs dans la perception

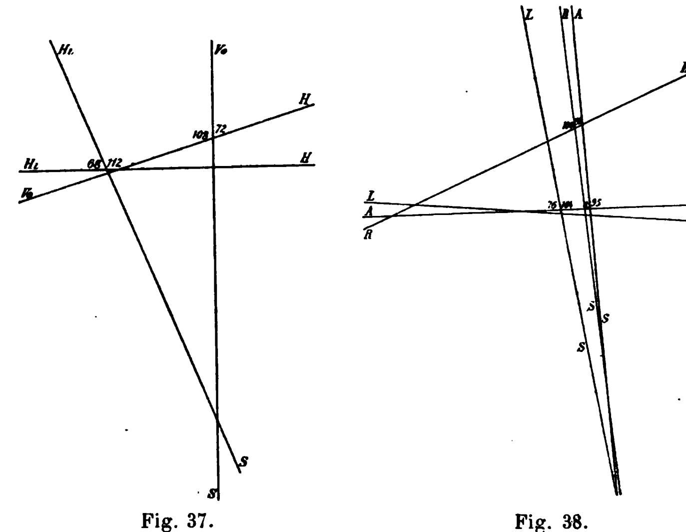


Fig. 37.

Personne G, après le même concert. Rotations de la tête autour de l'axe transversal. Les déviations des angles, la tête penchée en avant = 18° ; la tête penchée en arrière = 22°.

Fig. 38.

Personne G. — Trois heures après le jeu du violon. Rotations de la tête autour de son axe sagittal. Position assise.

des directions. Dans l'attitude droite de la tête, l'écart des angles était ici encore égale à celui des figures 34 et 36. En ce qui concerne les inclinaisons de la tête, seule l'erreur commise dans la direction transversale pendant l'inclinaison à droite était aussi considérable qu'après le jeu de violon. Les directions sagittales ne déviaient pas plus que dans les expériences sans excitation sonore préalable du labyrinthe. Aussi les écarts des angles étaient-ils plus légers que sur les figures précédentes.

Nous donnons, d'un côté, les valeurs moyennes des angles par rapport à 90°, ces valeurs ayant été obtenues dans les

expériences qui viennent d'être citées, pendant les rotations de la tête autour de l'axe sagittal ; et d'un autre côté, les valeurs moyennes qui ont été obtenues dans une longue série d'expériences *sans excitations sonores préalables*.

	Déviations des angles après l'excitation sonore.	Déviations des angles sans excitation sonore.
Attitude droite du corps dans l'espace clair.	1°	0°
Attitude droite du corps dans l'espace obscur	5°	2°
Inclinaison à gauche dans l'espace clair.	9°	2°
Inclinaison à gauche dans l'espace obscur	25°	2°
Inclinaison à droite dans l'espace clair	11°	1°
Inclinaison à gauche dans l'espace obscur.	37°	2°

Les valeurs moyennes de l'ensemble des expériences instituées sur G. dans l'obscurité après des excitations sonores étaient de 28° pour l'inclinaison de la tête à gauche, de 36° pour son inclinaison à droite. Des expériences analogues avec des excitations sonores ont été instituées sur M.

Les trois figures suivantes 39, 40 et 41 proviennent de ces expériences. L'accentuation des différences des angles se révèle également chez M. quoiqu'à un degré moindre que chez G. Elle tient principalement aux déviations de la ligne horizontale qui, chose singulière, *se dirigent toutes dans le même sens*, de droite à gauche et de haut en bas. Les valeurs moyennes des dérivations des angles étaient chez M. les suivantes :

	Déviations des angles après l'excitation sonore.	Déviations des angles sans excitation sonore.
Attitude droite de la tête dans l'espace clair.	0°	0°
Attitude de la tête dans l'espace obscur.	1°,5	3°,5
Inclinaison sur l'épaule gauche dans l'espace obscur. . . .	7°	4°,5
Inclinaison sur l'épaule droite dans l'espace obscur. . . .	10°	4°

En dehors de G. et M., j'ai encore eu l'occasion de mesurer les erreurs survenant pendant les rotations autour de l'axe

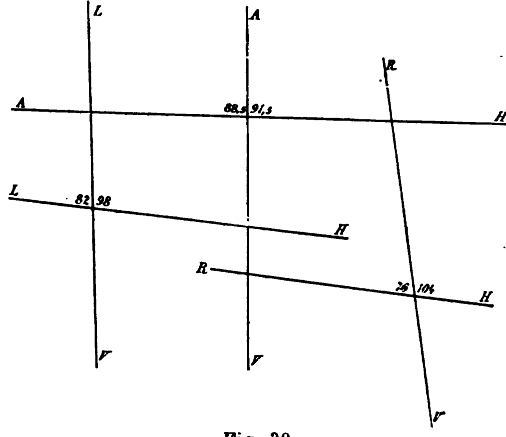


Fig. 39.
Personne M. — Après avoir longtemps joué du piano. Rotations de la tête autour de l'axe vertical. Déviation des angles dans l'obscurité, avec la tête droite 1,5°, dans les rotations à droite et à gauche = 14° et 8°.

sagittal, chez une troisième personne qui venait d'assister à un concert. Ces erreurs étaient visiblement plus fortes que dans

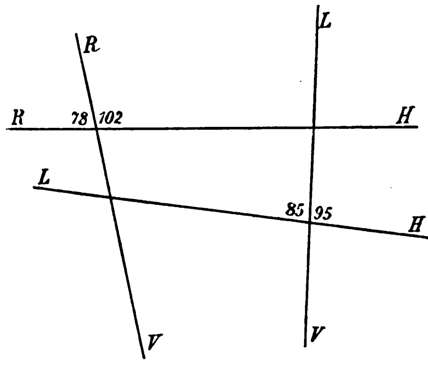


Fig. 40.
Personne M. — Egalement après le jeu du piano, comme figure 39. Rotations de la tête autour de l'axe sagittal. Déviations des angles = 12° et 5°.

des expériences, auxquelles la même personne avait été soumise antérieurement, toutefois pas aussi prononcées que chez G. Mais déjà dans ce cas les déviations des angles étaient dues

exclusivement à l'écart plus grand de la ligne horizontale.

Nous reviendrons dans les paragraphes suivants sur la question de l'excitation par des ondes sonores des canaux semicirculaires, considérés comme organes de direction. Pour mettre en lumière toute l'importance des constatations faites jusqu'ici, ces expériences devraient être renouvelées sur un nombre de personnes bien plus grand. Ces constatations sont en effet intéressantes sous deux rapports : 1° *elles fournissent une preuve simple et évidente que les erreurs, auxquelles est sujette notre perception des trois directions fondamentales dans l'espace obscur reposent, en effet sur les sensations de direction, ayant leur point de départ dans le labyrinthe de l'oreille;* 2° *elles montrent également, que les nerfs vestibulaires qui produisent les sensations de direction peuvent être excités par des ondes sonores, c'est-à-dire par les mêmes facteurs que les nerfs auditifs, proprement dits. On se trouve ainsi en présence de la preuve expérimentale directe que l'excitant extérieur des nerfs de l'espace est de nature acoustique.*

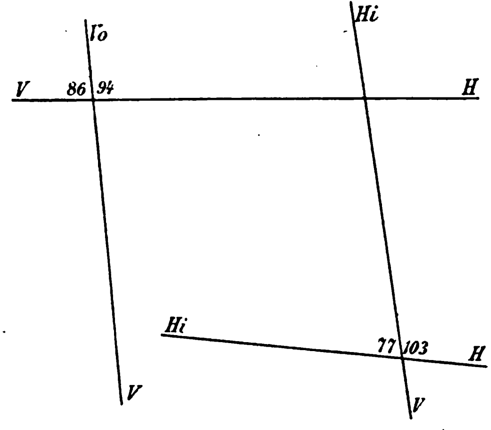


Fig. 41.

Personne M. — Mêmes conditions d'expérience que dans les figures 39 et 40. Rotations de la tête autour de l'axe transversal. Déviations des angles dans la rotation en avant = 4° et = 13° en arrière.

C'est ainsi que se trouve enfin comblée la lacune, dont souffrait ma théorie de l'espace et que j'ai souvent été obligé

de reconnaître au cours de mes travaux (1897-99). Nous sommes renseignés en même temps sur la voie, dans laquelle doit s'engager l'art expérimental, afin d'obtenir des données plus précises sur la nature de l'excitant des nerfs de l'espace. Dans mon premier travail sur le fonctionnement des canaux semi-circulaires, celui de 1873, où j'ai pour la première fois attiré l'attention sur le rôle que joue le labyrinthe dans la formationde nos représentations spatiales, « chaque canal semi-circulaire présentant un rapport défini avec une des trois dimensions de l'espace » ; je me suis donc prononcé en faveur de la nature acoustique de l'excitant des canaux semi-circulaires. En 1878, j'ai réuni un grand nombre de faits, m'autorisant à conclure, que les ondes sonores sont capables d'exciter les nerfs des directions ou de l'espace. Mais la difficulté d'obtenir les preuves expérimentales directes de cette possibilité, et plus encore la nécessité d'étudier de plus près le rôle des courants de l'endolymphe qui produiraient les rotations de la tête comme le feraient les mouvements des otolithes, tout cela a pendant des années orienté mes recherches sur d'autres voies. Dès la reprise de mes études expérimentales sur le labyrinthe de l'oreille, c'est-à-dire dès l'année 1896, je suis revenu à ma conception, d'après laquelle c'est dans les ondes sonores qu'il fallait chercher l'excitant normal des nerfs de l'espace. La difficulté consistait à trouver des preuves expérimentales à l'appui de cette conception (voir chap. IV, § 10).

Les expériences communiquées dans ce paragraphe ne sont pas d'ailleurs les seules preuves de ce genre. Nous citerons, dans les paragraphes suivants, d'autres expériences qui témoignent dans le même sens.

§ 9. — Erreurs dans la perception des directions des sons.

Après les observations communiquées dans les paragraphes précédents et relatives à l'influence qu'exercent sur l'intensité des erreurs de direction les excitations préalables du labyrinthe de l'oreille par des ondes sonores, il était tout indiqué de rechercher la façon dont se comporteront nos perceptions des directions des sons pendant les rotations de la tête autour

de ses axes. Il était à prévoir, que ces rotations donneraient lieu à des erreurs dans la détermination des directions des sons. Mais ces erreurs présenteront-elles le même sens que celles qui se commettent dans l'espace obscur pendant les attitudes correspondantes de la tête? En cas d'affirmative, on pourra rattacher les unes et les autres aux mêmes causes. On obtiendra ainsi de nouvelles preuves éclatantes, et cela, grâce encore à des expériences sur l'homme, qui attestent que nos perceptions de direction sont engendrées par des excitations du labyrinthe de l'oreille.

Comme pour les autres expériences, j'ai adopté pour celles-ci un dispositif aussi simple que possible, destiné à en faciliter la répétition. Un diapason de König, dont les vibrations sont engendrées par l'électricité, a été fixé à la hauteur de la tête du sujet, dans la position verticale, les branches dirigées en bas. Le sujet se mettait en face du diapason en vibration, à une distance de 2 mètres. Dans l'attitude droite de la tête, que les yeux soient ouverts ou fermés, on entend les vibrations du diapason exactement dans la direction de la source sonore; on a seulement l'impression que cette source se trouve plus éloignée, mais dans la même direction.

Quand on tourne alors la tête à gauche autour de son axe sagittal, la source sonore semble se déplacer à droite, après avoir décrit un arc de cercle dans une direction opposée au sens de rotation de la tête. Dans la rotation à droite, la source sonore semble décrire un arc de cercle vers la gauche. Lorsque la rotation s'accomplit lentement, la sensation du mouvement de la source sonore est tellement vive, qu'on croit presque *voir* ce mouvement.

On ne reconnaît pas moins exactement le mouvement de la source sonore, lorsqu'on tourne la tête les yeux fermés. En tenant pendant quelque temps la tête penchée sur l'épaule, on croit entendre la source sonore dans une direction toute opposée à celle de l'inclinaison, mais à la même hauteur [1]. Chez les quatre personnes que j'ai soumises à ces expériences, l'erreur

1. Je fais ici abstraction des variations d'intensité que présentent les sensations sonores au cours de ces inclinaisons de la tête. Elles mériteraient d'être examinées à part.



relative à la direction de la source sonore s'était manifestée exactement dans le même sens que chez moi : notamment elles situaient cette source sonore dans une direction opposée à l'inclinaison de la tête. L'intensité de cette illusion variait selon les personnes et n'était pas la même dans les deux attitudes de la tête. Mais le *sens* et en partie aussi le *degré* des déviations restèrent chez ces sujets sans changement.

Les erreurs sur la direction des sons, lors des rotations de la tête autour de l'axe sagittal, correspondaient donc exactement, quant à leur sens, à celles citées au paragraphe 4 et portaient sur la perception de la direction verticale dans l'espace obscur, naturellement lors des rotations analogues. La circonstance suivante fait ressortir avec plus de relief encore l'identité de ces deux catégories d'erreurs; j'ai montré dans les paragraphes précédents que le *sens* des erreurs de direction était chez G. (mon fils alors âgé de dix ans) opposé à celui des erreurs commises par moi et tous les autres sujets, puisque les déviations des lignes verticales, se produisaient chez lui dans le sens même des inclinaisons de la tête[1].

L'analyse des erreurs portant sur la direction du son révéla ainsi chez G. la même opposition par rapport aux autres sujets que dans les autres erreurs sur la verticale. Dans l'inclinaison de la tête à gauche, il plaçait la source sonore à gauche et inversement dans l'inclinaison à droite.

Abstraction faite du *sens* de l'erreur, les autres phénomènes concomitants étaient les mêmes chez G. que chez les autres sujets. Le degré des déviations était à peu près le même des deux côtés.

Les rotations de la tête autour d'un axe vertical, faites en évitant aussi soigneusement que possible, toute inclinaison de la tête, produisaient, quoiqu'à un degré moins prononcé, une erreur analogue. La source sonore semblait se déplacer dans une direction opposée à celle de la tête. Une différence fut toutefois observée, aussi bien par moi que par M., dans les rotations de la tête autour de l'axe sagittal : l'arc de cercle semblait disposé verticalement, les extrémités dirigées en bas.

1. « Elles sont parallèles aux attitudes de ma tête », disait-il généralement.

De cette façon, la source sonore semblait pendant un moment se trouver *un peu plus haut* qu'elle ne l'était en réalité. Dans les rotations autour de l'axe vertical, le trajet de l'arc de cercle semblait au contraire orienté de haut en bas, pour remonter de nouveau vers la fin : l'arc de cercle paraissait ainsi avoir son ouverture *en haut*. On pouvait constater d'une façon très précise l'augmentation régulière de l'intensité du son en un point déterminé de ce trajet, point dont la position variait d'un sujet à l'autre, et n'était pas le même pour les rotations à gauche et celles à droite.

Un examen plus attentif a montré que ces variations étaient en rapport avec la finesse auditive inégale des deux oreilles. Les rotations de la tête autour de son axe transversal n'ont pas donné de résultats positifs au point de vue du déplacement de la source sonore. L'occlusion d'une oreille avec un tampon d'ouate n'exerçait aucune influence notable sur le sens des erreurs, produites par les rotations de la tête autour de son axe sagittal. Il n'a pas davantage été possible de constater une différence constante dans l'intensité des illusions.

L'expérience suivante fut plus intéressante : le sujet se plaçait de façon à avoir non plus le *visage*, mais *l'occiput*, tourné vers le diapason. *Malgré le changement qui en résultait dans l'attitude des yeux et des canaux semi-circulaires, le sens des erreurs restait exactement le même.* A l'exception de G., tous les sujets éprouvaient une déviation de la source sonore vers la droite dans l'inclinaison de la tête à gauche, *et vice versa*. Chez G. les changements de la direction des sons coïncidaient, une fois de plus, exactement avec les directions des inclinaisons. *La situation de la source sonore en avant ou en arrière du sujet paraissait donc sans influence sur le sens des erreurs. On peut en dire autant de la direction inverse de la ligne du regard, ainsi que de la position inverse des yeux droit et gauche et des tympans correspondants, lors des rotations de la tête autour de son axe sagittal.*

Un phénomène singulier et qui mérite d'être signalé se produisait toutefois *d'une façon constante* au cours des expériences sur les directions des sons, alors que la source sonore

était placée derrière les sujets. Au début de l'inclinaison de la tête vers l'une ou l'autre épaule, avant que cette inclinaison eût atteint 15° à 20°, *la source sonore semblait se déplacer dans le même sens que la tête, c'est-à-dire à droite dans l'inclinaison à droite, et à gauche dans l'inclinaison à gauche*. Lorsque l'inclinaison de la tête était suffisante pour former avec l'épaule un angle de 15° à 20°, le mouvement apparent de la source sonore affectait la direction opposée et s'y maintenait jusqu'à la fin de l'inclinaison. *Ce changement de direction se produisait d'ailleurs alors même que l'inclinaison s'arrêtait après que la tête eut atteint l'angle de 15° à 20°*. Un fait digne de remarque, c'est que ce phénomène se manifestait également chez G., mais dans le sens opposé. Au début de l'inclinaison de la tête, c'est-à-dire avant la formation d'un angle de 15° à 20°, la source sonore semblait se déplacer dans la direction *opposée, c'est-à-dire à droite dans l'inclinaison à gauche* et inversement. C'est là d'ailleurs le seul cas *où la direction de l'erreur ne présentait pas chez G. le même sens que le mouvement de la tête*. Dès que sa tête eut dépassé le point voulu, et même si son inclinaison s'arrêtait en ce point, l'erreur affectait de nouveau chez lui une direction *parallèle* à ce mouvement. Ce phénomène semble être produit par la conduction des sons à travers l'os occipital.

J'ai voulu, à l'occasion des expériences sur les excitations sonores, rechercher aussi bien sur moi-même que sur M., G. et F., si l'excitation préalable du labyrinthe par les vibrations du diapason, excitation d'une durée de deux heures environ était de nature à exercer une influence quelconque sur les erreurs de perception des directions. Les grandeurs de déviations des angles obtenus étaient les suivantes :

	C	M	F	G
Attitude droite de la tête :	dr. 88 — g. 92,	—	dr. 84 — g. 96,	dr. 93 — g. 87.
Inclinaison à gauche :	dr. 96 — g. 84,	dr. 74 — g. 106,	dr. 80 — g. 100,	dr. 123 — g. 57.
Inclinaison à droite :	dr. 109 — g. 71,	dr. 100 — g. 80,	dr. 97 — g. 83,	dr. 70 — g. 110.

L'action de l'excitation du labyrinthe de l'oreille était manifeste : un peu plus prononcée seulement chez G. et M. que

chez les autres. Chez M. les déviations par rapport à 90° étaient de 16° et de 20°; chez G., de 3°, 33° et 20°; chez F., de 6° pour l'attitude droite de la tête, de 20° pour l'inclinaison à gauche et de 7° pour l'inclinaison à droite; chez moi enfin elle était très légère, de 2° pour l'attitude droite de la tête, de 6° pour l'inclinaison à gauche et de 19° pour l'inclinaison à droite. Ces chiffres sont notablement plus élevés que ceux donnés dans les figures 1, 2 et 3. Le sens des déviations des lignes tracées était chez tous les sujets le même que dans les cas de non-excitation préalable du labyrinthe par les ondes sonores. Les expériences qui viennent d'être communiquées confirment ainsi les importants résultats des paragraphes précédents, relatifs à l'influence des excitations sonores sur l'intensité des erreurs de direction. Mais elles montrent, en outre, que *les erreurs de perception des directions des sons sont soumises à des lois qui, du moins en ce qui concerne les rotations de la tête autour de son axe sagittal, sont exactement identiques à celles que nous avons constatées antérieurement, lors de nos expériences dans l'espace obscur*.

La question posée au début reçoit ainsi une réponse nettement affirmative, et la conclusion tirée de cette affirmation se trouve confirmée par l'expérience. *Puisque, en effet, les erreurs portant sur les directions des sons dépendent incontestablement du labyrinthe de l'oreille, il doit en être de même des erreurs des perceptions des directions commises dans l'espace obscur*. Et ainsi se trouve confirmée ma théorie que *les ondes sonores constituent la source générale d'excitations pour les sensations de direction*. (Voir chap. IV, § 10.)

§ 10. — Erreurs sur la direction des bruits entotiques.

Dans mes travaux antérieurs sur le labyrinthe, considéré comme organe du sens de l'espace, j'ai attiré l'attention sur certains bruits entotiques qui pourraient jouer un certain rôle en tant qu'excitateurs *constants* des nerfs ampullaires. L'ha-

bitude et le manque d'attention font que ces bruits échappent souvent à notre perception (voir chap. IV, § 10).

Personnellement je me trouve exposé presque sans interruption à ces bruits pénibles qui constituent une sorte de bourdonnement pulsatile. Avec l'âge ils ont beaucoup augmenté d'intensité, au point que je puis facilement, grâce à eux, compter le nombre de mes pulsations et constater leurs variations d'intensité. Ils augmentent considérablement, lorsque la tête se trouve appuyée ou dans la position inclinée, ce qui, vu mon insomnie chronique, devient pénible au plus haut degré. J'ai dû songer à un moyen susceptible de les combattre, au moins pendant la nuit, et j'ai trouvé ce moyen dans la production, dans le voisinage de l'oreille, d'un *bruit rythmique* extérieur. *Un diapason en vibration ou, ce qui est encore plus simple, le rapprochement de l'oreille d'une montre en marche sont de nature à suspendre momentanément ces bruits pulsatiles.*

Le tic-tac d'une montre suffit dans ces circonstances pour arrêter le bruit dans *les deux* oreilles. Lorsqu'on applique la montre directement sur les os du crâne, son action calmante est beaucoup moins prononcée. Il est impossible d'expliquer, par le simple détournement de l'attention, l'action calmante, que des excitations sonores rythmiques extérieures exercent sur les bruits entotiques. Ni les bruits de la rue, comme par exemple le roulement des voitures, ni la lecture ou la conversation avec plusieurs personnes ne sont capables de supprimer la sensation de ce bourdonnement rythmique ou, plutôt, de ces pulsations bourdonnantes. C'est seulement pendant le voyage en chemin de fer que j'en suis complètement débarrassé, et cela grâce au roulement *régulier* du train.

Nous avons donc ici la démonstration d'un phénomène, dont je prévoyais la nécessité et l'existence comme la condition indispensable du fonctionnement régulier des canaux semi-circulaires : *les excitations sonores venant de l'extérieur, sont susceptibles, en supprimant momentanément les inhibitions qui règnent dans les centres moteurs de la tête et des yeux et proviennent des nerfs du labyrinthe de l'oreille, d'engendrer ainsi des mouvements de la tête et*

éventuellement aussi des globes oculaires dans la direction de la source sonore (voir chap. IV, § 10).

Nous avons donné, dans le dernier paragraphe du chapitre précédent, un exposé plus détaillé des conséquences qui découlent de ce fait, au point de vue de la théorie du sens de l'espace. Les bruits entotiques n'ont été cités ici, que dans le but d'attirer l'attention sur une erreur de direction à laquelle ils donnaient lieu dans mon cas particulier. Lorsque je tiens la tête droite, mon bourdonnement est un peu plus fort dans l'oreille droite, c'est-à-dire que je le perçois davantage à droite qu'à gauche. Or, en tournant ma tête autour de l'axe sagittal, j'observe constamment le phénomène suivant : *lorsque la tête est penchée vers l'épaule gauche, j'entends le bourdonnement, considérablement augmenté, dans l'oreille droite seulement, et je localise la source de ces bruits un peu au-dessus de cette oreille.* Le contraire se produit lorsque je penche la tête vers l'épaule droite : *je ne perçois le bourdonnement pulsatile qu'à gauche et en haut, avec l'oreille gauche.*

L'erreur se produit donc exactement de la même façon que dans les expériences avec les diapasons en vibration. La source du bourdonnement est localisée dans la direction opposée au sens de l'inclinaison de la tête.

Toutefois, lorsque ma tête est penchée vers l'épaule, une certaine différence se manifeste entre l'oreille droite et l'oreille gauche, au point de vue de l'inhibition de ces bruits. C'est ainsi que je puis, dans l'inclinaison de la tête à droite, arrêter instantanément ce bourdonnement pulsatile, en approchant une montre de l'oreille droite. Par contre, je ne puis obtenir le même résultat en approchant une montre de l'oreille gauche, lorsque ma tête est penchée à gauche : le bourdonnement de l'oreille droite s'affaiblit, mais ne disparaît pas complètement.

Quoi qu'il en soit, ces auto-observations montrent que, dans les rotations de la tête autour de l'axe sagittal, certains bruits entotiques, *en ce qui concerne la perception de leurs directions, obéissent à la même loi des erreurs que les excitations sonores venant de l'extérieur, c'est-à-dire aux mêmes*

lois, auxquelles est soumise dans des conditions analogues, la perception des directions dans l'obscurité.

§ 11. — Nouvelles expériences sur l'erreur décrite par Aubert[1].

Nous avons, au cours de ces considérations, attiré à plusieurs reprises l'attention sur la grande analogie qui existe entre les erreurs sur la direction verticale, survenant pendant les rotations de la tête autour de l'axe sagittal, et la position oblique qu'affecte au cours des mêmes rotations une ligne verticale éclairée dans l'espace obscur. C'est à Aubert que nous devons la connaissance de ce dernier phénomène optique, rappelant les erreurs *acoustiques* décrites au paragraphe 9. Les savants qui ont étudié ce phénomène n'ont pas réussi à en donner une explication satisfaisante.

Les uns veulent voir la cause de cette erreur dans une *estimation insuffisante ou même nulle* du degré d'inclinaison de la tête (Aubert, Helmholtz) ; les autres dans une *estimation exagérée* de ce degré (Yves Delage et autres). Après une longue série d'expériences, Nagel a renoncé à donner une explication adéquate de l'erreur en question. Il semblait se douter toutefois, qu'il ne s'agit nullement dans ce phénomène d'une erreur ayant son point de départ exclusif dans la rétine, mais que cette erreur pourrait bien dépendre du labyrinthe de l'oreille. C'est du moins ainsi qu'on doit interpréter son intention d'étudier cette erreur chez les sourds-muets. Je ne sais si, depuis 1897, Nagel a eu l'occasion de réaliser son intention. En tout cas, à ma connaissance, il n'a rien publié là-dessus. Il est d'ailleurs difficile d'admettre que Nagel, qui conçoit les mouvements des yeux comme *compensateurs*, dans le sens de Breuer, ait pu, vu ces prémisses, obtenir par des expériences sur des sourds-muets, des résultats valables. Cela se comprend facilement, après les explications données au paragraphe 9[2]. Le dernier travail sur le phénomène

1. Désignée par Nagel sous le nom de phénomène d'Aubert.

2. On trouve, à la page 392 de la communication de Nagel, quelques objections contre ma façon d'interpréter les mouvements oculaires dits



d'Aubert, ayant pour auteurs Sachs et Meller, n'en fournit pas davantage une interprétation satisfaisante. Ces auteurs expriment également l'espoir que des expériences sur des sourds-muets nous éclaireraient peut-être un jour sur les causes de ce phénomène. S'il était prouvé en effet que certains sourds-muets[1] ne sont pas sujets à l'erreur d'Aubert, cela ne pourrait tenir qu'à une cause analogue à celle, qui détermine leur incapacité d'être affectés du vertige visuel.

En présence de la grande analogie qui existe entre l'erreur d'Aubert et les erreurs que j'ai analysées ici-même, il était certainement intéressant de soumettre la première à une investigation expérimentale, et cela en ayant recours aux mêmes sujets qui m'ont servi pour les expériences déjà exposées. Il me parut surtout intéressant de rechercher le point suivant : au cas où G. ayant la tête inclinée sur une épaule verrait égalcment dans une position oblique la verticale éclairée dans la boîte, cette position aurait-elle une direction *opposée* à la rotation de la tête, comme ce fut le cas d'Aubert et de ses successeurs, ou bien G. présenterait-il également une exception et verrait-il cette position oblique dans la même direction que celle de la rotation de la tête ?

Pour étudier cette question, j'ai adopté le dispositif expérimental suivant : une petite boîte quadrangulaire fut fixée sur une table pouvant se déplacer dans la direction verticale, et dont la planche tournait autour de son axe longitudinal. Sur une des parois de la boîte se trouvait une fente longitudinale de 1 millimètre de largeur et de 20 centimètres de longueur. Par une ouverture pratiquée dans la paroi opposée, on pouvait introduire dans la boîte une lampe électrique que le sujet maniait à l'aide d'un interrupteur. Les expériences ont été pratiquées dans une pièce rendue obscure, et le plus souvent sous les deux formes suivantes :

1° Après avoir fixé la ligne éclairée verticalement dans

compensateurs. Ces objections qui reposent manifestement sur un malentendu, se trouvent déjà réfutées par mes recherches ultérieures sur le même sujet exposées au chap. III.

1. C'est-à-dire ceux qui sont privés d'un système de canaux semi-circulaires susceptibles de fonctionner.



l'attitude droite de la tête, le sujet commençait à pencher celle-ci vers l'épaule gauche ou droite ;

2° Le sujet penchait la tête à droite ou à gauche avant l'éclairage de la fente. Celle-ci était alors éclairée, soit instantanément par une étincelle, soit pendant un temps plus ou moins long.

Lorsqu'il s'agissait d'obtenir des représentations comparées relativement à l'intensité des erreurs, on avait recours à l'un des procédés de mesure suivants : on tournait autour de son axe longitudinal la table garnie de la boîte, jusqu'à ce que la ligne verticale ait adopté une position oblique quelconque. Dans l'attitude droite de la tête, le sujet voyait naturellement de biais cette ligne oblique. Celle-ci commençait alors à se redresser progressivement *dans la direction opposée*, jusqu'à apparaître à l'observateur dans la position verticale. Le deuxième procédé est plus simple : la ligne éclairée restant dans la position verticale, le sujet exécutait une rotation de la tête, jusqu'à ce que cette ligne lui parût oblique dans la *direction opposée*. La table était ensuite tournée autour de son axe longitudinal et dans le sens de l'inclinaison de la tête, jusqu'à ce que la ligne apparût de nouveau comme verticale, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'erreur fût compensée. Ni l'un ni l'autre de ces procédés ne donnent de mesures exactes; aussi ne doit-on leur attacher, dans les comparaisons, qu'une valeur relative. Ces mesures furent entreprises d'abord, afin de pouvoir établir une influence éventuelle du degré de rotation de la tête sur l'intensité de l'erreur. Mais, on s'aperçut bientôt que sous ce rapport, l'erreur d'Aubert était sujette à des variations considérables, même dans des rotations de la tête d'égale intensité. Il aurait donc fallu, pour rechercher les causes de ces variations, exécuter un très grand nombre d'expériences. Aussi ai-je renoncé à rechercher de plus près la dépendance en question. Dans les limites dans lesquelles les trois sujets (M. G. et moi) exécutaient les inclinaisons de la tête, je n'ai pu constater que de très légers écarts.

Aussi bien chez moi que chez M. la direction de l'erreur était exactement la même que chez Aubert et les autres expérimentateurs, c'est-à-dire que la position oblique de la ligne

verticale se produisait dans une direction opposée à l'inclinaison de la tête. *En ce qui concerne l'erreur verticale, elle se manifestait par conséquent dans le même sens que dans toutes les expériences communiquées ici et relatives aux rotations de la tête autour de l'axe sagittal* (§§ 4, 5, 9 et 10).

Ce qui mérite particulièrement d'être relevée, c'est la circonstance, que l'erreur en question revêtait elle aussi un autre caractère chez G. que chez M. et chez moi : *la ligne verticale lui apparaissait telle que son obliquité était dirigée, comme dans les expériences antérieures, dans le sens de la rotation de la tête.* Même dans les inclinaisons les plus fortes de la tête, l'intensité de l'erreur était assez légère : elle variait entre 5° et 8° et était généralement un peu plus faible dans l'inclinaison de la tête à gauche.

L'erreur se produisait aussi bien à l'éclairage momentané qu'à l'éclairage prolongé : en ce qui me concerne, elle était souvent plus intense dans le premier cas [1]. Le sens de l'erreur était le même dans la vision mono et binoculaire de la ligne éclairée. On pouvait en revanche constater, en ayant recours à la compensation de l'erreur (voir le deuxième procédé, p. 256), que, l'*intensité* de l'erreur variait, suivant que la ligne était regardée avec un seul, ou avec les deux yeux; elle variait également, selon le choix de l'œil qui fixait la ligne.

L'expérience a été exécutée de la façon suivante : l'erreur perçue à l'aide de la vision binoculaire dans la rotation de la tête était parfaitement compensée, jusqu'à ce que la ligne oblique apparût dans la position verticale. On fermait alors un œil; dans mon cas la compensation restait parfaite, lorsque je fermais l'œil *gauche*, et cela indépendamment du sens de rotation de la tête. La compensation diminuait au contraire, c'est-à-dire la ligne vue droite devenait de nouveau *un peu* oblique, lorsque je fermais l'œil *droit*. Dans les cas de M. et de G., il existait également, pour un œil déterminé, une différence entre la vision monoculaire et la vision binoculaire. M. trouvait la compensation diminuée, lorsqu'elle regardait la ligne

1. Voir, pour plus de détails à ce sujet, le paragraphe 13.

claire monoculairement, avec l'œil placé plus profondément, c'est-à-dire avec l'œil *droit* dans *l'inclinaison de la tête à droite et avec* l'œil *gauche* dans son *inclinaison à gauche*.

Pour G. la compensation était troublée, c'est-à-dire diminuée, lorsqu'il regardait monoculairement avec l'œil *droit;* c'était donc le contraire de ce qui se produisait dans mon cas. Ce trouble était seulement chez lui un peu plus fort, en ce sens, que la ligne verticale lui apparaissait, lorsqu'il fermait l'œil gauche, plus oblique qu'à moi. Comme G. ne se rendait pas le moindre compte de la signification de la compensation qu'il percevait, ses indications étaient certainement véridiques. Il percevait d'ailleurs souvent, dans la vision monoculaire, des images doubles singulières : il voyait notamment la ligne verticale prendre une position oblique, tandis que sa post-image qu'il percevait en même temps lui apparaissait verticale. Afin de ménager ses yeux, on n'a pas multipliée ce genre d'expériences. Mais le fait n'en présente pas moins un certain intérêt, au point de vue de l'interprétation de la façon bizarre dont il se comportait à l'égard des erreurs portant sur la ligne verticale. Afin de faire ressortir, dans les observations sur ces erreurs, la ligne verticale avec plus de netteté, j'ai pratiqué, à côte de la fente verticale et perpendiculairement à elle, quatre petites ouvertures : deux en haut et à droite, deux en bas et à gauche. Les ouvertures supérieures étant parallèles aux inférieures, on les voyait, au cours de l'erreur, s'incliner, avec la ligne verticale, du côté correspondant. En d'autres termes, *on voyait en même temps la direction horizontale dans une position également oblique*.

Il était plus intéressant de rechercher, si l'erreur d'Aubert se produisait également dans le cas, où l'obliquité de la tête par rapport à la fente est obtenue, non par une inclinaison de la tête de 90°, mais par une position oblique de l'ensemble du corps, les rapports entre la tête et le tronc restant invariables. Le problème à résoudre consistait, en d'autres termes, à établir si c'est *l'inclinaison de la tête* sur le tronc, ou tout simplement la position oblique de la tête *par rapport à la ligne*

claire qui joue le rôle décisif dans la production de l'erreur d'Aubert [1].

Si l'on veut éviter tout malentendu quant à l'importance que j'attribue à ce problème, on doit se rappeler ce que j'ai dit au début du paragraphe 6 au sujet du véritable rôle des rotations de la tête au point de vue des jugements portant sur les directions.

J'ai été souvent frappé, dès mes premières expériences, par ce fait qu'une attitude oblique de la tête, produite *exclusivement* par l'attitude oblique de l'ensemble du corps, imprimait à la verticale des écarts peu considérables, ne dépassant pas 5° ou 7° Par cette expérience se trouvait indiquée la méthode, qu'il fallait employer pour l'examen de la question qui nous intéresse ici. Le dispositif expérimental était le suivant : toutes les expériences sur le phénomène d'Aubert qui viennent d'être décrites ont été exécutées dans ma chambre à coucher, la table portant la boîte en bois obscur était placée à côté de mon lit. J'adoptais sur ce dernier l'attitude suivante : je me couchais en travers du lit sur le côté gauche de telle sorte que ma tête dépassant le lit se trouvait juste en face de la fente longitudinale de la boîte. L'axe longitudinal de l'ensemble de mon corps était ainsi perpendiculaire à cette fente verticale. Ma tête, appuyée sur le côté gauche correspondait exactement à l'attitude qu'elle adoptait dans les expériences sur l'erreur d'Aubert, lorsque je voulais obtenir le maximum d'obliquité. L'axe transversal du corps avait dans ces conditions une direction exactement verticale. L'obliquité de la ligne claire observée dans cette attitude était ou nulle ou insignifiante : l'erreur était donc très légère. Mais il suffisait de pencher quelque peu la tête sur l'épaule gauche, *pour voir aussitôt la ligne verticale éclairée adopter la position oblique ordinaire*.

Je fis ensuite l'expérience suivante ; ramenant la tête dans le plan du tronc, j'ai fait passer mon corps, lorsque la ligne éclairée apparut de nouveau verticale, et *cela sans modifier l'at-*

1. En d'autres termes, cette erreur se produit même dans les cas où la tête reste immobile et que la rétine présente seule une inclinaison de 90°.



titude de ma tête, de la position transversale à la position horizontale, en me couchant sur le dos ; j'ai, en d'autres termes, donné à mon tronc une position perpendiculaire à l'axe longitudinal de ma tête. Dès le début du mouvement la ligne verticale avait commencé à s'incliner de nouveau à droite et resta dans cette position oblique, tant que l'attitude correspondante du corps avait persisté.

Les expériences instituées de la même façon sur M. et sur G. dónnèrent des résultats identiques : obliquité à peine perceptible ou nulle de la ligne verticale éclairée, lorsque les axes longitudinaux de la tête et du tronc formaient une ligne droite et cela bien que la tête présentât une inclinaison de 90° exactement, par rapport à la verticale. L'erreur, c'est-à-dire l'obliquité apparente de cette ligne dans l'attitude immobile de la tête, se produisait au contraire instantanément, dès que le tronc exécutait le mouvement décrit, de façon à rendre son axe longitudinal perpendiculaire à l'axe de la tête [1]. Cela se produisait indifféremment, que le corps fût couché sur le côté gauche ou sur le côté droit, lorsque le tronc seul changeait de position.

Il résulte donc de ces expériences que l'erreur d'Aubert ne se produit pas, malgré l'inclinaison de la tête de 90° par rapport à la verticale, dans les cas où cette inclinaison est obtenue par l'attitude appropriée de l'ensemble du corps, *mais qu'elle se produit même dans l'attitude immobile de la tête, lorsque le tronc est penché vers elle* [2]. La signification de ces résultats au point de vue du mécanisme général des erreurs sera discutée en détail plus bas au paragraphe 13. Qu'il suffise de dire ici, que la supposition émise encore par Helmholtz dans la deuxième édition de son *Optique physiologique* (p. 763), à

1. Lorsque, avant l'exécution du mouvement, le tronc est tout simplement ramené de la position latérale à la position dorsale, la ligne verticale apparaît dans l'inclinaison droite de la tête, quelque peu penchée à droite.

2. Aubert semble avoir observé lui-même l'erreur, en exécutant une expérience analogue. L'ensemble du corps étant étendu sur une planche horizontale, la tête n'aurait-elle pas été alors plus penchée, c'est-à-dire dans la direction de l'épaule? Ceci me paraît inévitable, si la tête était couchée sur la même planche que le corps, sans être étayée par un oreiller.

savoir, qu'il s'agirait dans le phénomène d'Aubert d'une erreur de mouvement, que cette supposition, dis-je, n'est plus soutenable actuellement. Mais s'il en est ainsi, le phénomène en question ne peut reposer, ni sur une *estimation insuffisante*, ni sur une *estimation exagérée* du mouvement accompli par la tête.

Une question se pose, celle de savoir si il s'agit dans ce phénomène d'une erreur optique ! Ce qui rend cette supposition improbable, c'est le simple fait que lorsqu'on produit sur la rétine la post-image d'une ligne verticale, en inclinant ensuite la tête à droite ou à gauche, comme dans l'expérience d'Aubert cette post-image s'incline *dans la même direction* que la tête et non dans la direction *opposée*. Ce fait paraît avoir été déjà connu des expérimentateurs antérieurs; Helmholtz le décrit de la façon suivante :

... « Nous avons à faire ici non à une rotation réelle de l'œil dans la tête, ainsi qu'on peut s'en convaincre à l'aide de post-images. Une post-image déloppée dans le méridien vertical de l'œil ne paraît pas située horizontalement, lorsque la tête tourne à droite dans une pièce obscure, en décrivant un angle droit, ainsi qu'elle l'est en réalité, mais obliquement *de gauche droite et de bas en haut*, tandis qu'une ligne claire objective ayant réellement l'inclinaison horizontale apparaît comme verticale. L'erreur reposerait plutôt sur ce fait que dans l'obscurité nous croyons l'inclinaison de notre tête plus petite qu'elle n'est en réalité. »

Ainsi que l'ont déjà montré Mulder et autres, la prétendue persistance de la post-image, dont parle Helmholtz, repose sur une erreur. Loin *d'estimer insuffisamment* l'inclinaison de la tête, comme le suppose Helmhotlz, nous sommes plutôt enclins à *l'exagérer*. C'est d'ailleurs pourquoi la post-image nous semble retarder. On peut s'en assurer facilement en priant le sujet, pendant qu'il a la tête penchée, d'indiquer avec les doigts le plan dans lequel il voit la post-image : ce plan correspond au plan médian de la tête ; il est presque horizontal, lorsque la tête est inclinée de 90°. La direction, dans laquelle se déplace la post-image, est donc diamétralement *opposée* à celle de l'obliquité qu'affecte, dans l'erreur

d'Aubert la ligne éclairée dans l'espace obscur. Aussi est-il impossible d'admettre que les deux phénomènes puissent relever de la même cause.

Aubert nous a enseigné un procédé qui permet de s'assurer facilement de cette opposition de directions.

« En me tenant debout dans une pièce absolument obscure, je produis une post-image à l'aide d'une flamme de gaz verticale; j'éteins ensuite cette flamme et, inclinant la tête ou le corps ou tous les deux jusqu'au niveau de l'horizontale, je fixe la ligne verticale claire : la post-image apparaît à peu près horizontale et la ligne claire tournée de 45° dans une direction opposée à l'inclinaison de la tête. »

C'est pour vérifier l'explication de cette opposition, donnée par Yves Delage, qu'Aubert a institué cette expérience ; mais il déclare « ne pouvoir trouver une explication réelle dans les paroles de Delage » tout en reconnaissant de ne pas pouvoir en donner une meilleure. En me basant sur les analogies évidentes qui existent entre le phénomène d'Aubert et les erreurs analysées par moi-même, j'essaierai de donner au paragraphe 13, une nouvelle explication de l'opposition qu'on observe entre la perception de la post-image et celle de la ligne claire.

Quelques détails des expériences sur l'erreur d'Aubert méritent encore d'être mentionnés ici. Nous avons déjà dit que G. voyait l'obliquité de la ligne verticale dirigée dans le sens de l'inclinaison de la tête. *La post-image se déplaçait chez lui également dans la même direction. L'opposition des directions dont il vient d'être question ne s'est donc pas manifestée chez lui*[1]. Il semblait également à G. que la post-image suivait exactement la tête dans son mouvement d'inclinaison et qu'elle présentait le même degré d'inclinaison que la tête elle-même.

Les observations communiquées au paragraphe 8 et relatives à l'influence que l'excitation du labyrinthe par des ondes sonores exerce sur les erreurs de direction, m'ont engagé à rechercher, si les mêmes excitations sont également suscep-

1. La post-image a été obtenue en fixant longuement une croisée de fenêtre obscure.

tibles d'influencer d'une façon quelconque l'intensité de l'erreur d'Aubert. Les expériences qui s'y rapportent ont révélé chez M. une aggravation très notable de l'erreur après deux heures de jeu de piano : l'obliquité qui était de 5° dans les deux rotations avait passé à 11°-12° pour la rotation à gauche et à 10,5° pour la rotation à droite. Chez G., les différences étaient beaucoup plus légères et ne dépassaient pas 2°, 3°. D'après ce qui a déjà été dit, l'obliquité lui apparaissait comme ayant la même direction que l'inclinaison de la tête et était toujours légère (7° et 5°), même dans les inclinaisons les plus fortes.

Dans ces conditions la différence signalée était trop légère pour autoriser des conclusions quelconques ; et cela d'autant plus, que je n'ai pu instituer qu'un nombre très restreint de ces expériences. Les observations fréquentes des erreurs d'Aubert dans les différentes conditions ici énumérées ont commencé à m'occasionner des vertiges, des nausées, des envies de vomir, et cela, non seulement pendant les expériences, où je faisais des observations sur moi-même, mais aussi au cours de celles que je faisais exécuter par M. et G. Le simple aspect de la ligne verticale du côté, par lequel elle apparaît quelque peu oblique, même dans les conditions normales, m'était devenu pénible. Aussi ai-je dû interrompre brusquement ce genre d'expériences [1].

§ 12. — Erreurs de perception des directions parallèles.

Dans les expériences décrites jusqu'ici il s'agissait d'analyser les erreurs de perception des directions commises en dehors de tout *déplacement du corps en avant*. Les erreurs de perceptions des directions parallèles diffèrent en ceci des précédentes, qu'on les observe précisément au cours de pareils changements de place du corps entier.

Lorsqu'on se déplace en avant dans un espace obscur ou les yeux bandés, et que soit pour s'orienter, soit dans un autre but, on saisit avec les mains étendues une table ou un

1. C'était en l'hiver 1901-1902, au début de la grave maladie dont je souffre jusqu'à présent.



autre meuble *dont on connaît exactement la position par rapport à son corps*, on a la sensation qu'il a changé de position et est placé obliquement par rapport à l'observateur; le plus souvent dans la direction de gauche à droite. *L'erreur se manifeste donc par ce fait, que la table n'est plus parallèle à l'axe transversal de l'observateur, mais forme avec lui un angle aigu dont le sommet est dirigé à droite.* Cette erreur se produit invariablement, quelle que soit la fréquence des expériences.

Je l'ai observée pour la première fois, il y a des années, en exécutant les volets fermés, dans la grande chambre optique de l'Institut de Physiologie de Berne, des expériences de rotation sur des lapins. La table sur laquelle était placé l'appareil centrifuge était perpendiculaire au mur qui faisait face aux fenêtres. Lorsque, après avoir fermé les volets, je suis retourné dans l'obscurité vers la table, je ne fus pas peu surpris de la sentir déplacée; elle m'apparut oblique par rapport à mon corps, son bord étant plus rapproché de mon côté gauche que de mon côté droit. Une fois la pièce éclairée, j'ai pu m'assurer qu'aucun déplacement de la table n'avait eu lieu. L'observation plusieurs fois répétée m'induisit toujours dans la même erreur. Elle est représentée sur la figure qui suit.

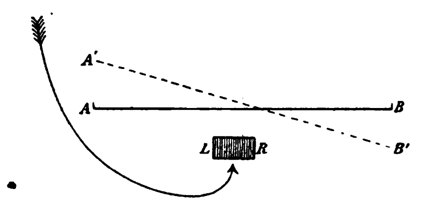


Fig. 42.

AB représente le bord antérieur d'une table vers lequel je m'approchais dans la direction indiquée par la flèche. *L-R*, indiquent la position de mon corps en face de cette table.

A'B' la position paraissant oblique dans laquelle je sentais la table quand je la touchais avec les bras tendus.

Cette erreur est encore plus frappante lorsqu'il s'agit non plus d'une table facile à déplacer, mais d'un meuble lourd, fixé d'une façon immobile et dont l'immobilité ne fait pas de doute : l'erreur ne s'en manifeste pas moins de la façon

décrite plus haut. Qu'on place maintenant deux de ces meubles perpendiculairement l'un à l'autre, comme sur la

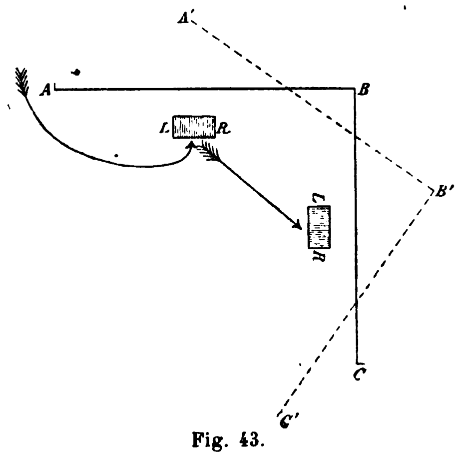


Fig. 43.

AB, BC. Les 2 bords antérieurs des deux meubles qui formaient ensemble un angle de 90°. *A'B'*, *B'C'* les positions obliques perçues quand *L-R* s'approchait successivement de ces 2 bords dans la direction indiquée par les flèches.

figure 43; si après s'être approché du bord A B et avoir perçu la position oblique A′ B′, on se tourne dans la direction de

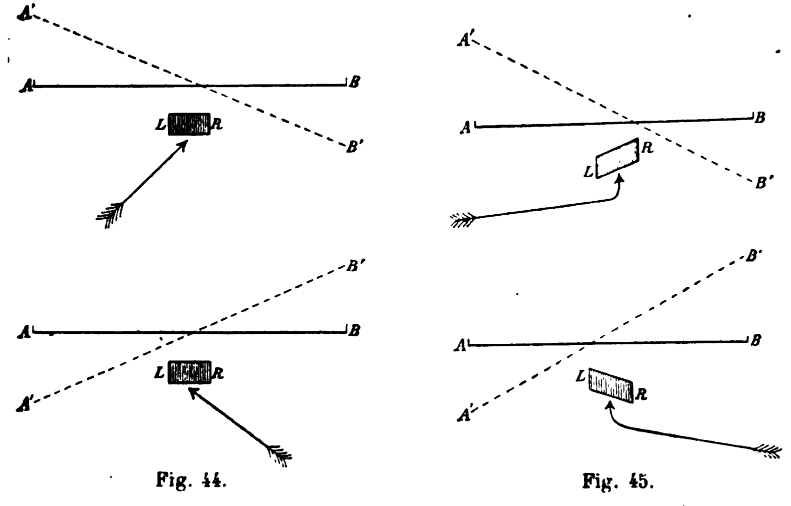


Fig. 44. Fig. 45.

la flèche vers le bord B C : on est alors tout étonné de sentir que ce bord est également oblique et semble former à droite

un angle aigu. L'erreur consiste donc dans *une sensation persistante* que les deux meubles perpendiculaires l'un à l'autre, dont on connaît exactement la position, nous apparaissent placés obliquement, tout en formant toujours entre eux un angle droit. Tout en ayant connaissance de leur véritable position on est complètement désorienté par cette erreur.

Plus le nombre de ces tables, armoires et autres meubles qu'on touche dans l'obscurité, pendant son déplacement en avant est grand, plus est grande la désorientation. On peut ainsi s'égarer complètement dans sa propre chambre. Il me fallait plusieurs minutes pour me retrouver dans ces conditions, surtout lorsque, tout en me déplaçant en avant, j'exécutais accidentellement et d'une façon tout à fait inconsciente une rotation partielle autour de mon axe longitudinal. La circonstance suivante aggravait encore cette désorientation : la direction qu'on suit pour se rapprocher de l'objet correspondant exerce une influence très nette sur le *sens* de l'erreur. Lorsque, par exemple, au début du déplacement, on s'approche de la table dans une direction perpendiculaire à son bord, l'erreur est le plus souvent légère ; l'angle aigu est perçu par la plupart des personnes comme ayant son sommet dirigé *à droite*. Mais si on s'approche de la table de côté, c'est-à-dire dans la direction oblique, le sommet de l'angle paraît *situé à droite,* quand on vient *du côté gauche*, et à gauche quand on vient *du côté droit*. La figure 44 reproduit ces erreurs.

Lorsqu'on commence, au contraire, à se déplacer en avant dans une direction *parallèle* au bord de la table qu'on veut toucher, et qu'on exécute, une fois arrivé dans son voisinage, une rotation autour de son axe longitudinal, afin d'adopter une position parallèle à ce bord, on perçoit l'angle *à droite*, quand la rotation s'accomplit vers l'épaule gauche, et *à gauche* quand elle a lieu vers l'épaule droite. La figure 45 reproduit cette expérience ; les positions du corps sont également tracées obliquement dans les directions, où fut exécutée la rotation des épaules.

Sur quoi reposent ces erreurs dans les jugements relatifs aux directions parallèles ? Une simple réflexion indique déjà que c'est la position oblique du corps par rapport au meuble

touché qui doit occasionner l'erreur. Et en effet, lorsque le déplacement en avant une fois terminé, on immobilise brusquement le sujet et qu'on éclaire la pièce, on le voit *souvent*, mais *pas toujours*, se tenir dans une position oblique par rapport au bord de la table. Une de ses épaules est alors plus rapprochée de ce bord (ainsi que le représente d'une façon exagérée la fig. 45), et notamment du côté où est perçu *l'angle aigu*. *Or, le sujet étant convaincu de se tenir dans une position exactement parallèle au bord de la table, doit percevoir ce bord non dans sa direction réelle, mais obliquement par rapport au plan transversal de son propre corps, c'est-à-dire sous un angle aigu plus ou moins prononcé.*

Les sujets incapables de se rendre compte de la position de l'angle, prétendent qu'*un de leurs bras leur semble plus allongé que l'autre*, ce qui au fond revient au même. Cette explication de l'erreur n'est toutefois ni complète, ni toujours exacte. On observe souvent, lors de l'éclairage subit de la pièce, des cas où le sujet se tient *droit* devant la table, les deux bras étendus en avant à une distance égale : et pourtant l'erreur de l'obliquité de la table persiste, quoiqu'à un degré moindre.

Qu'on fasse l'expérience suivante ; on arrête le sujet ayant les yeux bandés à deux pas environ du bord de la table, et, si son tronc n'est pas exactement parallèle à ce bord, on imprime à l'épaule dirigée en avant une légère rotation en arrière, de façon à la placer dans le même plan que l'autre. Si on laisse alors le sujet arriver jusqu'au contact de la table, on n'en voit pas moins l'erreur se produire. Pour la supprimer complètement, *on doit imprimer à l'épaule une rotation telle, qu'elle se trouve placée visiblement plus en arrière que celle, qui, occupait auparavant le plan postérieur*. Dans ce dernier cas, le bras opposé est donc celui qui est étendu plus en avant. Lorsqu'on s'approche de la table dans la direction perpendiculaire (dans l'espace obscur et les yeux bandés) on s'écarte généralement un peu à droite de la direction droite. Les gauchers s'écartent au contraire plus souvent à gauche. L'erreur, qui fait apparaître la table dans la position oblique, se produit également chez la plupart d'entre eux, à

cette exception près, qu'ils perçoivent presque toujours l'angle aigu *à gauche*, et non de la manière représentée sur les figures précédentes. Cette dernière éventualité ne se présente chez les gauchers que lorsque leurs épaules et leurs bras gauches se portent trop en avant pendant le déplacement. Si après l'avoir arrêté, avant qu'il ait eu le temps de toucher la table, on corrige la position de l'épaule gauche en la remettant dans le même plan que l'épaule droite, *on voit l'erreur se manifester chez le gaucher également à droite*. Ce déplacement de l'erreur de gauche à droite est encore plus accusé chez le gaucher, lorsqu'il a fait exécuter à son corps, avant de toucher la table, une rotation autour de son axe longitudinal (voir figure 45). Le plus souvent il porte alors la moitié gauche du corps trop en avant, et perçoit l'obliquité autrement qu'elle n'est représentée sur la figure 45.

Bref, on conclut à la suite de toutes ces expériences *que la position oblique du corps et l'extension consécutive plus grande d'un bras ne suffisent pas à elles seules pour produire l'erreur. Un autre facteur est encore nécessaire à cet effet : l'attitude de la tête.*

Lorsque nous commençons en effet à nous déplacer dans la direction du meuble choisi, avant que la chambre soit plongée dans l'obscurité ou aussitôt après, nous adoptons une certaine attitude de la tête et du corps, grâce à laquelle nous espérons pouvoir arriver au but. *Nous avons donc dans la tête, à l'état de souvenir à la suite d'une observation antérieure, une représentation exacte, de la position de la table, par exemple, et de l'attitude que nous devons adopter nous-mêmes, afin de nous retrouver dans une direction qui lui soit parallèle.* Mais, à mesure que nous nous déplaçons en avant, nous nous écartons un peu de la direction dans laquelle nous sommes engagés et, arrivés dans le voisinage de la table, nous nous trouvons par rapport à elle dans une position oblique. Nos sensations tactiles montrent alors que la table ne nous est pas parallèle : nous *en concluons qu'elle est déplacée*. Mais nous commettons la même erreur, quoiqu'à un degré moindre, même dans les cas où l'attitude du tronc a été préalablement corrigée, ou dans ceux

où l'obliquité du tronc était à peine perceptible. *La cause en est dans ce fait que la véritable position du bord de la table reste pour nous celle qui correspond à l'attitude de notre tête*, cette attitude étant la seule véritablement gravée dans notre mémoire. Mais la tête ayant subi un déplacement au cours du mouvement en avant, nous attribuons ce déplacement à la table.

Cela apparaît de la façon la plus évidente, lorsqu'on a corrigé soi-même l'attitude des épaules, de façon à rendre le tronc parallèle au bord de la table. On y parvient, *en étendant les deux bras sur une distance égale*[1]. *Dans ce cas encore nous ne pouvons nous affranchir de l'erreur qui nous fait croire que la table se trouve dans la position oblique, c'est-à-dire qu'elle a abandonné sa position antérieure. La conviction qu'il ne peut pas en être ainsi, se montre tout à fait impuissante, en présence de la sensation de non-parallélisme une fois éprouvée*[2]. C'est dans ce fait, à savoir *que nous possédons une sensation spéciale du parallélisme dans quelque organe de notre tête, que réside précisément le grand intérêt de ces expériences sur les erreurs*. Ce fait qui m'était familier depuis de nombreuses années, m'a permis, dans mon travail sur les bases physiologiques de la géométrie euclidienne, de soutenir d'une façon catégorique, que le XI[e] axiome d'Euclide repose sur une perception ayant son point de départ dans les sensations de notre labyrinthe (voir Ch. I, § 5 et § 2, Dieu et Science).

Quelle est la paire de canaux semi-circulaires dont dépend la sensation du parallélisme ? Les canaux semi-circulaires horizontaux sont situés des deux côtés dans le même plan, tandis que les canaux verticaux (postérieurs) et sagittaux (antérieurs) sont situés dans des plans qui ne sont pas parallèles les uns aux autres. Si on prolonge les plans des canaux

1. L'erreur peut tout aussi bien se produire, lorsqu'on touche à un meuble, par exemple, le bord d'un lit, avec les genoux.

2. Lorsque l'erreur a diminuée un peu à la suite de répétitions fréquentes, il suffit de se tourner dans l'obscurité une ou deux fois dans l'une ou l'autre direction, ou, ce qui vaut mieux, dans les deux successivement. En faisant ensuite une nouvelle expérience on éprouve l'erreur aussi forte, sinon encore plus forte qu'avant.



verticaux *postérieurs*, ils se rencontrent à peu près au milieu de l'orifice de la selle turque, et les plans des deux canaux sagittaux prolongés en arrière se croiseraient un peu au-dessus du trou occipital.

Au contraire, le plan du canal sagittal, *d'un côté* est exactement parallèle au plan du canal vertical *du côté opposé*. C'est, si je ne me trompe, Crum Brown qui a le premier attiré l'attention sur ce fait. Après lui, ce fut Breuer qui a tout particulièrement insisté sur ce parallélisme étonnant chez les pigeons. Il voulait même en prendre prétexte pour considérer comme preuve de fonctionnement équivalent, le canal vertical droit avec le sagittal gauche et le canal vertical gauche avec le sagittal droit. J'ai montré dès 1878 qu'un pareil groupement est insoutenable, parce que les sections et les excitations des deux canaux verticaux provoquent les mêmes troubles moteurs et la même impossibilité de conserver certaines directions, c'est-à-dire des phénomènes exactement identiques.

Ainsi que j'ai pu le constater, grâce à des mesures prises sur un crâne humain, soigneusement préparé par M. Tramond avec les canaux semi-circulaires laissés *in situ*, il existe, en effet, un parallélisme entre le canal sagittal d'un côté et le canal vertical du côté opposé (voir la planche anatomique II). Ce parallélisme est bien plus accentué chez l'homme que chez le lapin et le pigeon. Ce parallélisme des plans ne témoigne nullement en faveur de l'équivalence physiologique des canaux semi-circulaires correspondants ; mais il est tout indiqué d'y voir la cause de nos perceptions des directions parallèles. *Des excitations identiques affectant à la fois les nerfs terminaux du canal sagittal droit et du canal vertical gauche peuvent très bien donner naissance à la perception des directions parallèles.*

Les erreurs dans la direction parallèle décrites dans ce paragraphe, naissent lors *du déplacement de la tête en avant;* elles proviennent donc en première ligne des canaux sagittaux. *Or, j'ai montré, dès l'année 1878, que les déplacements de la tête en avant provenant d'un des canaux sagittaux, s'accomplissent dans une direction oblique, diagonale.* Ceci nous autorise à supposer que les déviations de la tête et du

tronc dans l'obscurité, qu'on a observées au cours des expériences en question, sont dues à une pareille excitation *unilatérale* d'un des canaux sagittaux [1]. Le canal vertical du côté opposé étant situé dans le même plan oblique peut subir facilement une excitation analogue susceptible de compléter la perception du parallélisme.

§ 13. — Interprétation des erreurs de direction décrites dans ce chapitre.

Nous nous abstiendrons de reproduire ici les résultats des nombreuses observations et données expérimentales exposées dans les paragraphes précédents. Les faits les plus importants ont été appréciés pour la plupart, quant à leur signification, à la fin de chaque paragraphe. Mais quelques-unes des données expérimentales ont besoin d'être confirmées et précisées par de nouvelles recherches, et il serait prématuré de vouloir les interpréter d'ores et déjà dans tous leurs détails.

Je me bornerai à reproduire ici les conclusions les plus importantes et les plus générales, telles qu'elles découlent avec certitude de l'ensemble des données obtenues.

1° *L'erreur de direction constante qui naît pendant les rotations de la tête dans l'espace obscur, dépend du déplacement des plans des trois canaux semi-circulaires. Les rotations de la tête qui n'occasionnent que des déplacements légers ou nuls de ces plans, ne donnent pas lieu à des erreurs déterminées, se produisant invariablement. C'est pourquoi l'erreur de direction la plus constante se manifeste pendant les rotations de la tête autour de son axe sagittal, les plus aisées à exécuter régulièrement. Les rotations autour de l'axe vertical n'empêchent que rarement la perception exacte de la direction verticale; les rotations autour de l'axe transversal ne l'empêchent que dans une mesure très restreinte* (§ 5.)

2° *Les erreurs dans la direction horizontale sont celles qui se manifestent le plus souvent pendant les rotations de*

1. Ou plus exactement de la *prédominance* des excitations d'un des canaux sagittaux.



la tête; les erreurs dans la direction verticale viennent en deuxième ligne, quant à leur fréquence. Les erreurs dans la direction sagittale sont les plus légères.

3° *En ce qui concerne le sens des erreurs dans la perception des directions, le facteur qui produit ces perceptions, ou, en d'autres termes, la nature de l'excitation qui leur donne naissance ne présente aucune importance. L'excitation volontaire* [1], *l'excitation lumineuse* [2], *l'excitation sonore* [3], *les variations de pression pulsatiles dans l'oreille interne* [4] *engendrent, dans les déplacements identiques des plans des canaux semi-circulaires, des erreurs identiques quant à leur sens.*

4° *L'intensité des erreurs de direction paraît tout à fait indépendante de la nature de ces excitations; mais, elle est sûrement en rapport avec le degré de déplacement des plans des canaux semi-circulaires, par conséquent avec les grandeurs des angles de rotations de la tête. Cette intensité varie dans les limites les plus larges chez les personnes douées d'un appareil auditif très sensible et dont le labyrinthe a subi préalablement une forte excitation musicale* (§ 8).

5° *La direction de la ligne visuelle est sans influence sur le sens des erreurs de direction; elle peut en revanche modifier dans certaines conditions leur intensité.*

6° *Le fait que les excitations sonores du labyrinthe de l'oreille sont manifestement capables d'augmenter les erreurs de direction, et celui que les illusions de perception des directions des sons se manifestent, pour les bruits entotiques, de la même façon que pour les autres déterminations des directions dans l'obscurité, ces faits, dis-je, confirment l'opinion, émise antérieurement, à savoir, que c'est dans les ondes sonores qu'il faut chercher la cause normale des excitations des terminaisons nerveuses des canaux*

1. Paragraphes 4, 5 et 6.
2. Paragraphe 11.
3. Paragraphe 9.
4. Paragraphe 10.

semi-circulaires, lors de la production des sensations de direction (voir chap. IV, § 10)

Ces six conclusions tirées des expériences sur les erreurs de direction, réalisent le but principal des recherches exécutées, notamment, *la démonstration expérimentale sur l'homme du rôle du labyrinthe de l'oreille comme organe d'orientation dans les trois directions de l'espace et de la perception de ces directions.*

Reste à résoudre la question moins importante il est vrai, mais encore très intéressante, relative au mode de production des erreurs de direction. Comme dans toutes les autres illusions des sens, l'explication de leur mécanisme intime présente de grandes difficultés.

Il s'agit, en effet, des processus ayant des racines profondes dans les fonctions psychiques; les interprétations de leurs mécanismes ne peuvent prétendre qu'à une valeur très relative. Les organes des sens constituent les portes principales qui ouvrent à l'investigation physiologique exacte les phénomènes de la vie spirituelle. Jusqu'à présent la physiologie n'a pas encore dépassé leur seuil. Les coups d'œil qu'elle a pu jeter dans l'intimité des processus psychiques, sont encore trop vagues pour autoriser des conclusions précises. La psychologie expérimentale ne pourra dépasser avec succès ce seuil, que quand elle se sera pénétrée entièrement des bases principales de ma théorie sur la formation de nos concepts de l'espace du temps et du nombre. La psychologie scientifique, expérimentale ou objective ne fera ainsi que suivre les voies qu'avaient indiquées depuis des miliers d'années les créateurs géniaux de la psychologie philosophique ou subjective, lorsqu'ils accordaient aux problèmes du temps et de l'espace *la première place* parmi leurs préoccupations. Tant que les psychologues modernes ne s'engageront pas résolument dans cette voie, ils continueront à piétiner sur place avec leurs hypothèses sans base réelle.

Les explications du mécanisme des erreurs de direction, que j'exposerai ici brièvement n'ont pas la prétention d'être complètes ou définitives. Elles n'ont pour but, que d'indiquer les méthodes scientifiques d'investigations ultérieures

sur les erreurs de direction pour aboutir à une explication complète.

Mes expériences ont établi avec précision que ces erreurs reposent sur des déplacements des plans des canaux semi-circulaires. Les rotations de la tête autour de ses axes ne sauraient troubler nos perceptions que de deux façons : par les déplacements des axes oculaires ou par ceux des plans des canaux semi-circulaires. Nous avons montré que les déplacements des axes oculaires, tout en exerçant visiblement une action sur *l'intensité* des erreurs de direction, était sans influence aucune sur le *sens* de ces erreurs. Et, si nous n'avons parlé jusqu'ici que des erreurs de perception des directions se produisant pendant *les rotations de la tête autour de ses axes,* nous avons voulu désigner par là, *grosso modo*, les conditions expérimentales, sans anticiper le moins du monde sur les interprétations des expériences. Il était hors de doute pour nous que ce sont les rotations des plans des canaux semi-circulaires qui seules entrent en réalité en ligne de compte. C'est en ce sens qu'on doit entendre les considérations développées au paragraphe 7 sur le rôle des mouvements des globes oculaires dans la production de certaines sensations de direction, ces mouvements ayant leur point de départ dans l'oreille.

C'est pourquoi, si l'on veut mettre en lumière le mécanisme intime des erreurs de direction, on doit commencer par rechercher, quels sont les déplacements des plans des canaux semi-circulaires qui correspondent à des rotations données de la tête autour de ces axes. On discutera ensuite la question de savoir, dans quelle mesure ces déplacements sont capables d'expliquer les données expérimentales obtenues.

Ainsi que je l'ai déjà dit, j'ai étudié les rapports réciproques des plans des canaux semi-ciroulaire sur des crânes, où les deux labyrinthes ont été préparés *in situ* [1]. A l'aide d'une articulation sphérique adaptée au trou occipital, un de ces crânes a été fixé sur un support solide de telle sorte, qu'on pouvait le tourner à volonté autour de ses trois axes et l'arrêter dans chacune des positions choisies. On pouvait, en soulevant

1. La planche II représente un de ces crânes.

la voûte cranienne, étudier très bien les déplacements des canaux semi-circulaires. Plusieurs modèles, que M. Tramond a également exécutés artistiquement, représentaient le labyrinthe considérablement agrandi, ce qui permet d'établir avec une grande précision les situations données des canaux semi-circulaires (voir par exemple le modèle de la planche III fig. 1). J'ai établi moi-même en carton durci, et muni d'axes métalliques, plusieurs modèles de trois plans perpendiculaires les uns aux autres, auxquels j'ai donné autant que possible la forme semi-circulaire. Ces modèles m'ont rendu de grands services au cours de ces études.

Il existe un paralléllisme entre les plans des canaux horizontaux, ainsi qu'entre le plan du canal vertical d'un côté et celui du canal sagittal du côté opposé. Quant aux plans des canaux horizontaux on sait qu'ils sont un peu inclinés en arrière. Leur direction n'est exactement horizontale que dans une certaine attitude de la tête, alors que le menton est dirigé en bas et l'occiput un peu en haut. Cette attitude correspond à l'attitude ordinaire droite que nous donnons à la tête, lorsque la ligne du regard se trouve dirigée dans un plan exactement horizontal, la *glabelle* de l'os frontal étant alors située, d'après Helmholtz, perpendiculairement au-dessus des dents supérieures.

Je donnerai le nom de primaire à la position du labyrinthe, dans laquelle les plans des canaux horizontaux se présentent dans une direction horizontale.

Lorsque dans un système de trois plans perpendiculaires les uns aux autres un des plans est dirigé horizontalement, les deux autres se trouvent disposés verticalement. L'anatomiste, qui a le premier désigné comme verticaux les canaux semi-circulaires postérieurs et antérieurs, a incontestablement tenu compte de ces rapports des trois plans perpendiculaires les uns aux autres. Si on tourne alors le crâne à droite ou à gauche autour de son axe sagittal, afin d'établir ainsi, en imitant les expériences décrites au paragraphe 4, les positions correspondantes des canaux semi-circulaires horizontaux et verticaux (postérieurs), on se heurte aussitôt à la difficulté *suivante :* ainsi que nous l'avons exposé au paragraphe pré-

cédent, les plans des deux canaux semi-circulaires verticaux, au lieu d'être parallèles, se croisent lorsqu'on les prolonge en avant, sous un angle de 90° environ. *Lorsqu'on imprime au crâne une rotation de 90° autour de l'axe sagittal, à gauche par exemple, les deux plans n'adoptent pas des positions identiquement horizontales. Le plan du canal semi-circulaire gauche semble incliné un peu d'avant en arrière, celui du droit d'arrière en avant ; les inclinaisons latérales, c'est-à-dire de droite à gauche, sont analogues pour les deux canaux semi-circulaires.*

Mais après les observations que nous avons faites au cours des expériences décrites dans les paragraphes 10 et 11, cette difficulté peut être tournée de la façon suivante : dans les rotations de la tête vers l'épaule gauche le rôle décisif, au point de vue de la détermination des directions des ondes sonores, revient aux seules sensations de *l'oreille droite*, tandis que le même rôle revient aux sensations de *l'oreille gauche*, lorsque la tête penche à droite. La raison de ce fait est facile à comprendre. Nous imprimons à notre tête les inclinaisons correspondantes à gauche ou à droite, selon que les excitations sonores nous parviennent de la direction gauche supérieure ou droite supérieure ; et nous procédons ainsi, afin de mettre notre tympan gauche ou droit dans la position la plus favorable pour être frappé par les ondes sonores. Lorsque l'oreille gauche ou droite est dirigée en bas, les ondes sonores lui arrivent du côté opposé par *la voie osseuse*[1]. Bref : *le labyrinthe droit intervient seul dans la détermination des sons quand la tête est tournée à gauche, et le labyrinthe gauche seul quand la tête est tournée à droite.* Telle est d'ailleurs la cause des erreurs décrites dans les paragraphes 10 et 11 et portant sur la perception des vibrations du diapason et des bruits entotiques.

Nous sommes ainsi autorisés à ne tenir compte que du déplacement du canal semi-circulaire vertical (postérieur) *droit* dans les rotations du crâne autour de son axe sagittal *gauche*,

1. D'après les expériences exécutées dans le laboratoire d'Exner l'os occipital jouerait le principal rôle dans la conductibilité osseuse des sons.

et du canal semi-circulaire vertical *gauche* dans les rotations du crâne autour de son axe sagittal *droit*.

Comparons maintenant les plans des canaux horizontaux et des canaux verticaux correspondants, tels qu'ils se présentent au cours des rotations dont il s'agit, avec les directions que nous avons obtenues dans les figures 1, 4 et 6, 7[1] : nous trouverons alors qu'en ce qui concerne leur sens, ces plans présentent une inclinaison *opposée* aux directions indiquées par les lignes tracées. Ceci revient à dire que dans la rotation à gauche, par exemple, le plan des canaux semi-circulaires horizontaux *n'est pas incliné*, comme la ligne LH, de haut en bas et de gauche à droite, *mais de haut en bas et de droite à gauche ; l'inclinaison inverse s'observe dans la rotation à droite. Le plan du canal semi-circulaire vertical droit est alors incliné de gauche en haut à droite en bas, et non comme les lignes LV, de droite en haut à gauche en bas*[2].

En d'autres termes : les inclinaisons des plans des canaux semi-circulaires paraissent *opposées* aux directions des erreurs. C'est là d'ailleurs ce que nous avons déjà observé dans les expériences citées plus haut et relatives aux directions des inclinaisons des axes de la tête. De même que dans nos expériences, les angles de croisement des plans des canaux semi-circulaires ne subissent, grâce à la tendance à observer l'angle droit, aucune modification[3]. *A en juger donc sur les apparences*, l'observation des inclinaisons des plans des canaux semi-circulaires n'autoriserait aucune conclusion quant au mécanisme des erreurs ici observées. *Mais ce n'est là qu'une apparence.* Si nous consentons à considérer pendant un instant les plans des canaux semi-circulaires comme les plans quelconques d'un système physique de coordonnées, dans lesquelles les désignations *horizontal* et *vertical* ne

1. D'après ce qui a été déjà dit, ces dernières figures reproduisent les inclinaisons sous une forme plus atténuée qu'elles n'étaient en réalité.

2. Il est utile, lorsqu'on a recours à ces comparaisons avec les figures, d'avoir entre les mains un modèle en carton qui représente les plans situés perpendiculairement les uns aux autres.

3. Voir paragraphe 2.

sont valables que pour *une position donnée* du système en rotation, nous obtenons ce qui suit : dans la rotation du crâne autour de l'axe sagittal et à gauche, l'obliquité de ce qui *était antérieurement le canal semi-circulaire horizontal* correspond à celle de la ligne LV, et l'obliquité de ce qui était antérieurement le plan vertical à celle de la ligne LH. Le contraire s'observe naturellement dans la rotation du crâne à droite, où les plans correspondants présentent des inclinaisons équivalentes à celles des lignes RV et RH. Cela signifie donc *qu'au cours de leurs rotations, les plans horizontaux deviennent plus ou moins verticaux et les plans qui étaient verticaux deviennent horizontaux.* Si l'angle de rotation était exactement de 90°, cette transformation des plans devrait être complète. Si donc il s'agissait d'un système de coordonnées purement *physique*, le mécanisme des erreurs qui se produisent au cours des rotations de la tête autour de son axe sagittal pourrait s'expliquer facilement par cette transformation : *les lignes tracées correspondraient alors exactement à l'obliquité des plans.*

Mais comme nous nous trouvons ici en présence d'un système *physiologique* de coordonnées, la loi des *énergies spécifiques* s'oppose à une pareille interprétation. Et, en effet, toutes les expériences que j'ai exécutées pendant une durée de trente années ont montré, pour employer les termes dont je me suis déjà servi en 1873 que, « *chaque canal semi-circulaire se trouve en rapport fonctionnel avec une des directions de l'espace* ». Ceci a été démontré depuis, d'une façon indiscutable et concordante, par les nombreuses expériences faites sur chaque canal semi-circulaire *isolément* et exposées en détail dans les chapitres précédents.

Aussi peut-on se demander, si on est autorisé à admettre que le fonctionnement des canaux semi-circulaires change d'après leur déplacement dans l'espace, le canal horizontal pouvant alors remplir les fonctions du vertical *et vice versa. Ainsi formulée,* cette supposition serait inadmissible : elle n'est d'ailleurs même pas nécessaire. Les choses peuvent se comporter d'une façon différente. Nous avons déjà montré à plusieurs reprises dans nos recherches antérieures, que par la

fusion des sensations des deux paires de canaux semi-circulaires se forme dans notre cerveau la représentation d'un système de coordonnées rectangulaire *idéal* sur lequel sont projetées toutes les sensations fournies par nos autres sens, afin de rendre possible l'orientation dans un espace à trois dimensions. Ce système de coordonnées *idéal* se trouvera déplacé pendant les rotations de la tête et comme dans tout système géométrique de pareilles coordonnées, leur signification, en tant que coordonnées verticales ou horizontales, changera nécessairement à chaque déplacement. *L'hypothèse d'une pareille transformation de valeur des plans des coordonnées peut même être admise, sans que le principe des énergies spécifiques des canaux semi-circulaires en subisse la moindre atteinte.*

Nous percevions les directions verticale et horizontale dans une position oblique, opposée à l'inclinaison de la tête, parce que, dans l'inclinaison correspondante de la tête, les directions du système de coordonnées idéal sont obliques et penchées en sens opposé. Vu l'insuffisance de nos connaissances actuelles sur la façon, dont les terminaisons nerveuses dans les canaux semi-circulaires sont frappées et excitées par les ondes sonores, cette interprétation des erreurs de direction qui nous occupent peut être considérée comme satisfaisante. Elle peut éventuellement être confirmée et complétée par l'essai d'une interprétation purement *psychologique*. Cet essai reposait sur l'association des perceptions de certaines attitudes de la tête avec des sensations déterminées des directions des sons, correspondants à ces attitudes. Nous inclinons par exemple notre tête sur l'épaule gauche toutes les fois que nous donnons à notre oreille une position nécessaire pour définir avec exactitude la direction d'un son venant d'en haut et du côté droit. C'est pourquoi cette inclinaison de la tête et le déplacement correspondant des plans des canaux semi-circulaires sont associés à la perception d'une direction oblique, allant *de droite en haut à gauche en bas*, c'est-à-dire du tympan droit à l'oreille gauche. D'où l'obliquité de la ligne verticale dans nos expériences correspondantes.

Considérée en elle-même, cette explication *psychologique* de l'erreur serait insuffisante, pour la simple raison que nous

dessinons la direction *horizontale* comme oblique, même quand nous la traçons *avant* la direction verticale (voir plus haut). Cette obliquité ne peut, en effet, être interprétée qu'à l'aide de la tendance au maintien de l'angle droit, c'est-à-dire à l'aide du déplacement de tout le système de coordonnées.

En étudiant les déplacements des plans des canaux semi-circulaires sur le crâne ouvert, j'avais encore pensé à un troisième mode d'explication des erreurs qui se produisent pendant les rotations de la tête autour de l'axe sagittal. Les directions des erreurs, portant sur les lignes verticale et horizontale, correspondent assez exactement aux inclinaisons des axes des canaux semi-circulaires vertical et horizontal. En décrivant les rotations forcées qu'exécutent les animaux dont une paire quelconque de canaux semi-circulaires a été coupée ou excitée, j'ai insisté tout particulièrement sur ce fait que les rotations dont il s'agit s'accomplissent autour des *axes* des canaux lésés. C'est ainsi que les animaux dont les deux canaux semi-circulaires horizontaux ont été sectionnés tournent autour de l'axe vertical de ces canaux, tandis que ceux dont on a détruit les canaux verticaux (postérieurs) tournent autour des axes horizontaux de ces derniers[1].

L'erreur d'Aubert étant identique à celle que j'ai observée, les interprétations proposées pour celle-ci s'appliquent également sans difficulté à celle-là. Ceci n'a pas besoin d'autres preuves. Mais, j'ai essayé, au cours des observations exposées au paragraphe 11, de chercher dans une autre direction l'explication de l'opposition qui existe entre l'inclinaison de la post-image et celle de la ligne éclairée.

Il m'est impossible d'exposer ici tous les détails de cette tentative ; voici toutefois l'enchaînement des idées que j'ai suivies en vue de cette explication. On sait que les tentatives faites jusqu'ici dans le but d'expliquer le redressement de l'image rétinienne dans notre conscience n'ont encore donné aucun résultat satisfaisant. D'après l'hypothèse de Jean Muller, aucun redressement de ce genre ne se produirait et nous ne voyons pas les choses extérieures là où elles sont

1. Voir plus haut chap. IV, paragraphe 2.

réellement. Ce que nous voyons en bas, se trouve en haut, ce qui excite notre rétine à droite se trouve à gauche et ainsi de suite. Mais nous ne nous en rendons pas compte, parce que nous n'avons pas affaire aux objets eux-mêmes, mais à leur action sur notre système nerveux ; et comme nous voyons toutes choses dans la position renversée, l'impression générale reste sans modification. Cette hypothèse paradoxale a déjà été repoussée par Ludwig et autres. Selon celle qui lui a été opposée, les points sensibles de la rétine qui reçoivent la sensation projetteraient la cause de leur excitation au dehors, dans une direction qui croise l'axe visuel; grâce à cette théorie les objets projetés parviendraient à notre perception dans leur situation réelle. Cette hypothèse est certainement meilleure, mais elle ne nous explique ni pourquoi ni comment cette projection des causes d'excitation au dehors s'accomplit dans une direction croisée. A défaut d'une explication acceptable, l'épineuse question de la cause du redressement de nos images rétiniennes n'est même pas discutée dans la plupart des Traités de physiologie.

Depuis que le fait a été établi, que nos impressions visuelles, de même que les sensations de tous nos autres organes des sens, sont localisées dans l'espace extérieur, grâce à leur projection sur un système de coordonnées rectangulaire idéal formé dans notre conscience par le fonctionnement des canaux semi-circulaires, l'explication du redressement de nos images rétiniennes se trouve considérablement simplifiée. Pour obtenir une solution claire et simple du problème, il suffirait d'admettre *qu'un redressement des images rétiniennes s'accomplit au cours de cette projection*. Cette explication présente cet immense avantage, qu'une pareille orientation de toutes nos impressions sensorielles par une seule et même voie réaliserait dans notre perception une harmonie complète quant aux rapports entre les objets extérieurs et notre corps ; tandis que les hypothèses antérieures, celle de Muller en particulier, impliquaient inévitablement un conflit entre les perceptions des objets *vus* et celles des objets *touchés*.

L'hypothèse d'après laquelle les images négatives de la rétine subiraient un redressement du fait de leur projection

sur le système de coordonnées que les perceptions de direction fourniraient à notre conscience, cette hypothèse a déjà trouvé des appuis considérables dans mes expériences de l'année 1873. Qu'il me suffise de citer les expériences que j'ai faites en collaboration avec Solucha, et au cours desquelles nous avons réussi à provoquer chez les pigeons une désorientation complète, à la suite de l'emploi de lunettes prismatiques. Nous avons pu provoquer de cette façon tous les mouvements forcés, qu'on n'observe généralement qu'à la suite des destructions des canaux semi-circulaires. Nous avons obtenu les mêmes troubles moteurs chez des chiens dont les muscles du cou ont été sectionnés d'après la méthode de Longet. Chez ces animaux aussi, les troubles en question étaient consécutifs à une orientation anormale des images rétiniennes, due elle-même à une projection inaccoutumée ou fausse sur le système de coordonnées des canaux semi-circulaires.

Parmi les observations citées dans mon travail étendu de l'année 1878, il s'en trouve une qui pourrait être considérée comme la démonstration directe de la justesse de l'explication que je viens de formuler. Voici en quoi consiste cette observation : les pigeons dont les canaux semi-circulaires ont été lésés ou détruits d'un seul côté, avaient présenté pendant quelque temps une attitude singulière de la tête : aucune des parties de cette dernière ne se trouvait dans sa position normale : le bec était dirigé en haut et en arrière, l'occiput en bas et en avant, l'œil droit se trouvait à gauche et *vice versa*, tous les méridiens de la rétine étaient également intervertis. Or, le grand intérêt de cette attitude de la tête consistait en ce que *grâce à elle les animaux pouvaient résister à leurs violents mouvements forcés et conserver leur équilibre pendant le repos*. La plus légère tentative de ramener la tête dans l'attitude normale suffisait pour provoquer de nouveau les mouvements brusques, et le pigeon ne retrouvait son calme qu'après avoir réussi à faire reprendre à sa tête l'attitude anormale. Il pouvait alors rester tranquille pendant des heures entières et même accomplir de petits mouvements utiles (voir plus haut, chap. I, § 3 et fig. 1 et 6 de la planche I).

Hermann Munk a décrit depuis une observation tout à fait

analogue sur un pigeon qui présentait une absence congénitale des canaux semi-circulaires droits. L'attitude anormale de la tête du pigeon, dans laquelle le bec était tourné à gauche et l'occiput à droite était persistante. Il trébuchait pendant la marche, mais ne présentait pas d'autres mouvements forcés, *tant qu'on ne faisait pas la tentative de rectifier l'attitude de la tête.* Le pigeon ne courait jamais en ligne droite, mais décrivait de grands cercles vers la gauche. Ces observations concordent exactement avec celles que nous avons faites sur nos pigeons opérés, *puisque vu la façon soigneuse dont j'opérais, les phénomènes consécutifs à l'ablation des canaux semi-circulaires se présentaient dans toute leur pureté.*

Comment expliquer la faculté que possèdent ces animaux privés du labyrinthe de conserver leur équilibre à l'aide de l'attitude particulière de la tête qui vient d'être décrite et d'éviter les mouvements forcés produits par la désorientation ? En enlevant soigneusement les canaux semi-circulaires des deux côtés, on observe presque toujours, quelque temps après l'opération, que les pigeons adoptent et maintiennent longuement cette attitude anormale de la tête. Une seule explication satisfaisante est possible : l'ablation du labyrinthe prive ces animaux de la possibilité de projeter de la façon habituelle leurs images rétiniennes négatives sur le système de coordonnées du labyrinthe et de les transformer ainsi en images positives[1]. Ils voient donc tous les objets environnants dans la position renversée ; ils ne peuvent ni conserver l'équilibre, ni accomplir les mouvements nécessaires et utiles en vue de l'orientation dans l'espace extérieur. Ils se trouvent par conséquent dans un état analogue à celui des pigeons munis de lunettes, dans nos expériences déjà mentionnées.

Ils impriment alors à leur tête, et par conséquent aussi à leurs yeux, l'attitude anormale qui vient d'être décrite. Les images qu'ils obtiennent des objets extérieurs sur leurs points rétiniens renversés correspondent alors à la position réelle des objets. *En l'absence du labyrinthe fonctionnant nor-*

1. Ces systèmes de coordonnées joueraient à peu près le même rôle que les dispositifs bien connus des petits appareils photographiques (les Kodaks).



malement, les pigeons transforment leurs images rétiniennes négatives en images positives, en donnant à leur rétine une position renversée. La grande importance de ces données expérimentales réside ainsi dans ce fait qu'elles nous fournissent la possibilité d'expliquer de la façon la plus naturelle le redressement de nos images rétiniennes. Depuis que mes expériences ont démontré que les nerfs oculo-moteurs dépendent d'une façon *normale* et *régulière* de l'état d'excitation des canaux semi-circulaires, c'est-à-dire depuis les années 1875-76, on pouvait déjà prévoir que ces canaux joueraient un rôle de ce genre dans les transformations des images rétiniennes négatives ou positives. Mais seules les expériences sur l'homme, telles qu'elles sont exposées dans ce chapitre, étaient capables de confirmer d une façon indiscutable les expériences antérieures [1].

De tout ce qui précède il résulte clairement que l'explication de la plupart des erreurs exposées dans ce chapitre est loin de présenter des difficultés insurmontables. Il suffit de chercher les causes de toutes ces erreurs dans les déplacements des plans des canaux semi-circulaires.

Je me suis heurté à des obstacles plus grands dans mes tentatives de trouver une explication satisfaisante du fait que chez G. toutes les erreurs de perception de la direction verticale présentaient toujours une inclinaison dans le sens de la direction de la tête en rotation [2]. Dans ma première communication, j'ai relevé cette circonstance que G. est gaucher ou plutôt qu'il était gaucher dans son enfance. Cela se manifestait aussi bien dans le rôle prédominant que la moitié gauche du corps jouait dans les mouvements, que dans quelques particularités qui semblent être en rapport avec le sens de la direction. Lorsqu'il commença à apprendre à écrire, il était très difficile de le déshabituer à écrire à rebours

1. Voir, sur le mécanisme de ces sensations et perceptions, le paragraphe 11 du chap. III de *Dieu et Science*, Paris, F. Alcan, 1910.

2. Quelques expériences que j'ai faites sur un autre violoniste âgé de neuf ans montre que la cause ne réside pas dans l'inclinaison à gauche qu'on imprime habituellement à la tête pendant qu'on joue du violon : chez ce garçon l'erreur dans la direction verticale présentait le même caractère que chez les autres sujets.

certaines lettres, telles que K, R, B. Encore à l'âge de 7 ans, il commettait souvent la même erreur en écrivant les chiffres 4 et 7. En dessinant des têtes, il dirigeait les profils non à gauche, à l'exemple de la plupart des enfants, mais à droite.

Invité lorsqu'il avait déjà 11 ans, à écrire son nom sur une bande de papier fixée sur son front, il saisit aussitôt la plume avec la main gauche et traça son nom en écriture de miroir, c'est-à-dire renversé.

Quand G. en traçant la ligne verticale commettait une erreur qui différait de celle des autres sujets, il est donc permis de voir la cause de cette différence dans les particularités qui le caractérisaient en tant que gaucher. L'examen de son acuité auditive pratiquée à cette occasion, par un auriste connu, montra que son oreille gauche était également un peu plus sensible que la droite. Mais tous ces indices ne suffisent pas encore à expliquer, *pourquoi* un gaucher n'est sujet à aucune erreur, ni à celle d'Aubert ni à celles, décrites dans les paragraphes 4, 6, et 9, au point de vue de la détermination de la verticale pendant les rotations de la tête autour de son axe sagittal. Il s'agit évidemment dans ce cas d'un facteur intermédiaire de nature psychologique, au sujet duquel il serait encore prématuré de se prononcer. Qu'il me suffise de rappeler que j'ai déjà eu l'occasion dans mon travail : *Canaux semi-circulaires et sens de l'espace* paru en 1897, de constater une résistance analogue à certaines erreurs de la part de G. alors âgé de quatre ans. C'est ainsi qu'il n'éprouva pas l'erreur ordinaire au cours de l'ascension en chemin de fer funiculaire ; il voyait toujours, même dans les ascensions les plus rapides, les arbres et les poteaux télégraphiques dans la *position verticale*. En revanche, l'illusion du non parallélisme, lorsqu'il fixait le modèle Zöllner, se manifestait chez lui de la même façon que chez les autres personnes. Il se distinguait d'ailleurs, dans sa plus tendre enfance, par une faculté d'observation extraordinaire pour tout ce qui concernait les états de son corps.

Il déclarait lui-même ainsi que je l'ai dit plus haut, que s'il traçait les lignes verticales dans la direction des inclinaisons de sa tête, c'est parce qu'il savait à force d'avoir fixé des croi-

sées des fenêtres, que le barreau vertical se penchait toujours du côté de la tête, lorsqu'il inclinait celle-ci sur une épaule. Aussi trace-t-il la verticale telle qu'il la perçoit dans la pièce claire, lorsqu'il incline la tête. Cela peut être vrai en partie, mais n'explique ni pourquoi il entend le son également dans la direction correspondante, ni pourquoi en ce qui concerne la direction horizontale, il est sujet aux mêmes erreurs que les autres. Pour le maintien de l'angle droit, il serait beaucoup plus avantageux de tracer cette ligne dans la direction opposée. Son explication ne permet pas davantage de comprendre pourquoi *il n'est pas capable*, avec la meilleure volonté et dans les mêmes circonstances, de *tracer volontairement* la ligne verticale dans la direction opposée. C'est tout au plus s'il réussissait alors, comme sur la figure 5, à réduire au maximum l'inclinaison habituelle de la verticale. Ceci confirme une fois de plus le fait, tant de fois signalé par Helmholtz, à savoir que nous sommes impuissants *à faire disparaître* une erreur des sens par la simple connaissance du processus de sa production. Ce fait montre également que nous ne pouvons pas produire une erreur artificiellement et à volonté, alors même que nous sommes sujets en même temps à d'autres erreurs (Voir chap. III, § 11 de *Dieu et Science*).

Appendice. — Les expériences décrites ici ont été exécutées il y a dix ans environ. Depuis cette époque, G. a fait ses études secondaires et a beaucoup travaillé les mathématiques. Il s'est montré tout particulièrement doué pour l'analyse : l'algèbre, la trigonométrie, les logarithmes l'attiraient. Il rencontrait au contraire de grosses difficultés dans l'étude de la géométrie descriptive et du dessin graphique. Soumis à de nouvelles expériences sur les erreurs pendant les rotations de la tête autour de l'axe sagittal, les résultats furent les suivants : dans les rotations légères, il imprime à la verticale, lorsqu'il dessine dans l'obscurité, la même direction qu'à l'âge de dix ans, mais l'écart de la norme est tout à fait minime; quant à l'horizontale, il la trace d'une façon très juste. Les écarts des angles sont donc extrêmement légers : de 3° à 5°. Dans les rotations *fortes* au contraire, il est sujet, en ce qui concerne la verticale, à la même erreur que toutes les autres personnes : la direction

de la ligne tracée est *opposée*, très peu il est vrai, à la direction de la tête. Quant à l'horizontale, qu'il traçait auparavant comme toutes les personnes, il la trace au contraire maintenant dans une direction tout à fait opposée : dans l'inclinaison à gauche, la ligne horizontale se dirige *de gauche à droite et de bas en haut*. Dans l'inclinaison de la tête à droite, la même ligne présentait une inclinaison sensible de *haut en bas et de gauche à droite*. L'écart d'angle atteignait à peine, dans le premier cas, 0° à 2°; il était au contraire, dans la rotation à droite de 10° à 15°.

L'erreur dans la direction horizontale pendant la forte inclinaison de la tête est surtout intéressante, parce qu'elle prouve une fois de plus que le dessinateur a une tendance inconsciente à observer l'angle droit. Cela lui réussit quelquefois complètement dans l'inclinaison à gauche, jamais dans l'inclinaison à droite. C'est peut-être par cette tendance qu'on pourrait expliquer le fait que tout en commettant l'erreur *normale* en dessinant la verticale, il cherche au contraire, sans s'en rendre compte, à donner à l'horizontale une direction opposée à l'erreur normale.

BIBLIOGRAPHIE

A. g. P. Archiv für die gesammte Physiologie (Pflüger).
A. A. P. Archiv für Physiologie u. Anatomie v. du Bois-Reymond Engelmann.
C. P. Centralblatt für Physiologie.
C. W. Centralblatt für medizinische Wissenschaften.
C. R. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris.
Ak. W. Sitzungsberichte der Wiener Ak. d. Wiss.
Ak. Pr. Sitzungsberichte der K. Preuss. Ak. d. Wiss.
B. S. Berichte überdie Verhandlungen d. sächs. Gesell. d. Wiss. Leipzig.

ALEXANDER (G.) und BARANY. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorg., Bd. 37, 1905, Leipzig.

ALEXANDER (G.) und KREIDL. A. g. P., Bd. 82, 1901.

AUBERT. Archiv für patholog. Anatomie. Bd. 20, S. 381, 1860.

AUTENRIETH, *Betrachtungen über die Erkenntnis*, etc. Reils Archiv, 1802.

BAER (C. E. v.). *Reden, etc.* Braunschweig, 1886.

BASTIAN (Ch.). *Le cerveau et la pensée ;* vol. I, Paris. F. Alcan.

BECHTEREW. A. A. P., 1890.

BEER (Th.). A. g. P., Bd. 72, 1899. — A. g. P., Bd. 72, 1899.

BERKELEY (G.). *Works* edited by FRASER, vol. 3, Oxford, 1871.

BERTHOLD. Arch. f. Ohrenheilkunde, Bd. 9.

BETHE. A. g. P., 1898. *Ibid.*, Bd. 76, 1899 (470-494). — *Ibid.*, Bd. 70, S. 15, 1898.

BLOCH. *Dissertation.* Dorpat, 1872.

BORNHARDT (M.). *Thèse*, Saint-Pétersbourg (en russe).

BÖTTCHER. Arch. für Ohrenheilkunde, Bd. 9.

MORITZ BRASCH. *Die Welt- und Lebensanschauung Friedrich Ueberwegs*, Leipzig, 1889.

BREUER (J.). A. g. P., Bd. 48, 1891. — A. g. P., Bd. 68, 1897. — Jahrbücher der Gesellschaft der Aerzte. Wien, 1874, u. 1875. A. g. P., Bd. 48, 1891.

BROWN (CRUM.) Proceedings of the Royal Society of Edinb., VII, 1874. — Nature, vol. 52, 1895.

BRUCK (Alfr.). A. g. P., 59, 1894.

CUVIER (G.). Magaz. Encycl. de Millin. T. 6, p. 292.

CYON (E. de). *Die Funktionen der halbzirkelförmigen Bogengänge.* A. g. P., Bd. 8, 1873. *Cours de Physiologie*, vol. 2, Saint-Pétersbourg, 1873-1874 (en russe). *Methodik der physiol. Exper. und Vivisectionen*, Saint-Pétersbourg, und Giessen, 1876. — *Les rapports physiol. entre le nerf acoustique et l'appareil oculo-moteur.* C. R., 1876. — *Les organes périphériques*

du sens de l'espace. C. R.. 1877. — *Recherches expérim. sur les fonctions des canaux semi-circulaires et sur leur rôle dans la formation de la notion de l'espace.* — *Bibl. de l'École des Hautes-Etudes. Section des Sciences naturelles,* vol. 18, Paris, 1878. — *Bogengänge und Raumsinn.* A. A. P., 1897. — *Die Funktionen des Ohrlabyrinths.* A. g. P., Bd. 71, 1897. — *Berichtigungen.* A. g. P., Bd. 74, 1898. — *Ohrlabyrinth, Raumsinn und Orientirung.* A. g. P., Bd. 79, 1900. — *Le sens de l'espace chez les souris dansantes japonaises. Cinquantenaire de la Soc. de Biol.,* 1899. — *Le labyrinthe, le sens de l'espace et l'orientation.* C. R., 1900. — Comptes rendus du XIIIe Congrès International de Paris, Section de Physiol. Séance du 17 août 1900. *Le sens de l'espace. Dictionnaire de Physiologie de* Ch. Richet. t. V, 1900. — *Die physiol. Grundlagen der Geometrie von* Euklid. A. g. P., Bd. 85, 1901. — *L'orientation chez le pigeon voyageur.* Revue scient., 1900. — *Les bases physiol. de la géométrie d'Euklide.* Revue philosoph., 1900. *La solution scientifique du problème de l'espace.* Revue philosoph., 1902. — *Beiträge zur Physiologie des Raumsinns.* Erster Teil. *Neue Beobachtungen an den japanischen Tanzmäusen.* A. g. P., 1902. — *Beiträge z. Phys. d. Raumsinns.* 2. Teil. *Ibid.,* Bd. 90, 1902. — *Täuschungen in der Wahrnehmung der Richtungen.* 3, Teill. *Ibid.,* Bd. 94. 1903. — *Nochmals der Raumsinn.* A. g. P., Bd. 95, 1903. — *Das Ohrlabyrinth als Organ der mathematischen Sinne für Raum, Zeit und Zahl.* A. g. P., Bd. 118, 1907. *Ibid.,* Revue Générale des Sciences, Paris, 1907. — Cyon (E. de). *Das Ohrlabyrinth als Organ der mathematischen Sinne für Raum und Zeit,* 1908 Iulius Springer, Berlin.

Cyon und Solucha. *Travaux du Laborat. phys. de l'Académie de Médecine à Saint-Pétersbourg,* 1874 (en russe).

Czermak. C. R., 1860. — Ak. W., Bd. 24.

Delage (Yves). Arch. de Zoologie expérim., IV, 1886. — Arch. de Zool. expérim., t. V, 1887.

Delage et Aubert. *Physiologische Studien über die Orientirurg.* Tübingen, 1888.

Delboeuf. Revue philos., 1877, p. 172. — *Prolégomènes philos. de la Géométrie,* etc. Liège, 1860. — *Psychophysique. Théorie générale de la sensibilité,* 1883.

Dreyfus. A. g. P., Bd. 81, 1901.

Edinger (L.). Arch. f. Mikr. Anat., Bd. 73, 1901. — Neurologisches Centralblatt, Bd. 8-20.

Eicheer. *Die Wege des Blutstroms durch den Vorhof der Bogengänge beim. Menschen. Mitgeteilt von* C. Ludwig. B. S., Bd. 21, 1893.

Euclide. *Eléments de géométrie.* Traduit par Koenig. — Pierre v. Os. Paris, 1772.

Exner (S.). Ak. W., Bd. 102, H. 1.

Ewald (J.-R.). A. g. P., Bd. 60, 1895.

Flourens. *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés,* 2e édition, Paris, 1842. — *Nouvelles expériences sur l'indépendance respective des fonctions cérébrales.* C. R., t. LII, 1863.

Gaglio, Arch. per le scienze mediche, 23, Nr. 3, 1899.

Gauss (C. F.). *Werke,* Bd. 8. Leipzig, 1900.

Goltz. A. g. P., Bd. 3, 1860, 172. — A. g. P., Bd. 3, 1870.

Groos (Karl). *Die Spiele der Tiere.* Jena, 1896.

Helmholtz. *Physiol. Optik.,* 2 Aufl., 1896. — *Vorträge und Reden,* 4 Aufl., Bd. 2, Braunschweig, 1896. *Ueber den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome. Vorträge und Reden.,* Bd. 2, Braunschweig, 1876. — *Die Lehre von den Tonempfindungen.*

Braunschweig, 1863. — *Die Tatsachen der Wahrnehmungen usw.* Berlin, 1879.

Hensen (V.). A. g. P., Bd. 74, 1899, 22-43. — Archiv f. Ohrenheilkunde, 1893. — Münch. medic. Wochenschrift. Nr. 14, 1899. *Hermann's Handbuch der Physiologie*, Bd. 3, Tl. 2. S. 121, u. ff. — A. g. P., Bd. 119, 1907.

Hering (E.). *Beiträge zur Physiologie usw.*, Leipzig, 1864 (1-5).

Hermann's Handbuch der Physiol., Bd. 3, 1879.

Herschel (Sir John). Quaterly Review, juin, 1841. Reproduit dans ses *Essays*.

Heymans (G.). *Die Gesetze und Elemente des wissenschaftlichen Denkens.* Leiden, 1890.

Hönigswald (Richard). *Zur Kritik der Mach'schen Philosophie.* Berlin, 1906. — *Beiträge zur Erkenntnistheorie und Methodenlehre.* Berlin, 1906.

Jacobi (C.-F.). *De undecimo Euclidis axiomate indicium.* Jena, 1824.

James (W.). Amer. Journ. of Otology, 1882.

Jurine. Philosoph. Magaz., I.

Kant. *Kritik der reinen Vernunft*, Leipzig, 6. Aufl., 1818, 34. *De mundi sensibilis atque intelligibilis forma*, etc., 1770.

Killing (W.). *Die Nicht-Euklidischen Raumformen*, etc. Leipzig, 1895. — *Einführungen in die Grundlagen der Geometrie*, Bd. 2, 1898.

Klein (Félix). *Zur ersten Verteilung des Lobatschewsky-Preises Kasan*, 1897.

Kœnig. *Contribution à l'étude exp., etc.*, Paris, F. Alcan, 1897.

Krause. *Alb. Kant und Helmholtz*, Lahr, 1878.

Kreidl. A. g. P., Bd. 51. S. 119-151. *Ibid.*, Bd. 70, 1898. — Ak. W. 1891. — *Weitere Beiträge*, 1893.

Laborde. Bull. de la Soc. d'Anthropol., t. IV, 1881.

Laudenbach. A. g. P., Bd. 77, 1899, 131-321.

Lee (Frederik S.) American Journal of Physiology, vol. 1, 1798. Journ. of. Physiol., 1893.

Legendre, *Nouvelle théorie des parallèles, etc.* Paris, 1803.

Lewandowsky (M.) A, g. P., Bd. 15.

Lie (Sophus). *Theorie der Transformationsgruppen*, Bd. 3, Liepzig, 1893.

Lobatschewsky. *Geometrische Untersuchungen zur Theorie der Parallellinien.* — *Neue Anfangsgründe der Geometrie. Vollst. Samml. der geometr. Abhandl. Kasan*, 1883-1886.

Loeb (Jacques). A. g. P. Bd. 49, S. 175-190, 1891. — A. g. P. Bd. 90. — *Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie, vergleichende Physologie*, Leipzig, 1899.

Locke (John). *Essay on Human Understanding*, vol. 1.

Longet. Ann. des sc. nat. (3), Zoologie, 4. 1845.

Lotze. Revue philosophique, 1877, Nr. 10.

Lœwenberg. C. R., 6 juin 1870. — Arch. f. Augen-und Ohrenheilkunde von Knapp und Moos. Bd. 3.

Luciani (L.) *Das Kleinhirn.* — *Ergebnisse der Physiologie*, 1904.

Ludwig (Krl.). *Lehrbuch der Physiologie des Menschen.* 2. Auflag.

Lyon (E. P.). American Journal of Physiology, vol. 3, 1899.

Mach (E.). *Grundrisse der Lehre von den Bewegungsempfindungen*, Leipzig, 1875. — *Beiträge zur Analyse der Empfindungen*, Jena, 1886. — Ak. W., 1874. — *Erkenntnis und Irrtum*, Leipzig, 1905.

Meumann Philos. Studien. Bd. 8, 10, 12, 1894.

Mill (John Suart). *System der induktiven und deduktiven Logik*, Kap. 4.

Mosso (Augelo). *I Manuscritti di Lazzaro Spallanzani existenti in Torino*, Torino, 1899.

Mott und Sherrington. Proceed. of the Royal Soc. of London, vol. 57, 1895.

Mulder. Arch. für Ophtalmologie, Bd. 21, 1875.

Munk (Herm.). A. A. P. 1878. — *Sehsphäre u. Raumvorst. Intern. Beiträge z. wiss. Med. Festschr. für*

Rudolph Virchow, 1891. — Ak. P., Stück, 48, 1903. 6. *Ibid.*, Stück 22, 1906. — Zweite Mitt. Stück 1, 1907.

Münsterberg, *Beiträge zur exper. Psych.* Bd. 2, 1889.

Nagel. Zeitschr. f. Psychol. u. Phys. d. Sinnesorg., Leipzig, 1897.

Poincaré (H.). Revue de Métaphys., 1905. The Monist. oct. 1898. — *La science de l'hypothèse*, Paris, 1903. — *La valeur de la science*, 1905.

Preyer (W.). A. g. P., Bd. 40, 1887, 596-623.

Purkinje (J.). Prag. mediz. Jahrbücher, 1820; Beilagen zur Breslauer Zeitung, Nr. 86 u. Nr. 8, 1825 u. 1826.

Rawitz (B.). A. A. P. 1889. — A. A. P. Supplément. 1901.

Ribot. Revue philosophique, 1878.

Riehl (Alois.). *Der philosophische Kritizismus*, usw. Leipzig, 1886-87, vol. 2. *Phylosophie der Gegenwart*, 1903.

Röthig (Paul). *Untersuchungen* von *mit Arsacetin behandelten Mäusen* Frankfurter Zeitschrift für Pathologie, vol. 3, fascicule 2, 1909. Deutsche Medicinische Wochenschrift, 1909, N. 50.

Riemann (B.). *Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. Ges. Werke.* Leipzig, 1867.

Sachs (J. V.). *Vorles. über Pflanzenphys.* Leipzig 1887, 2. Aufl.

Sachs und Meller. Graefes Archiv f. Ophtalmol., Bd. 52, S. 387.

Schiff (M.). *Lehrbuch der Physiologie.* Lahr 1858.

Shumann (F.). *Beiträge zur Psych. d. Zeitwahnehm.* Leipzig 1904.

Spamer. A. g. P. Bd., 21, 1880.

Spallanzani. *Œuvres* traduites par Sénébier. Paris, an VIII, vol. 5.

Stackel und Engel. *Die Theorie der Parallellinien von Euklid bis auf Gauss*, Leipzig, 1895.

Stefani (A.). *Studii sulla fuzione dei canali*, etc. Lo sperimentale, 1875. — *Ulteriore communicazioni*, etc. Archiv. p. l. scienze méd. 1879. — *Della funzione non-acoustica*, etc. *Atti del Reale Istituto Veneto di scienze*, etc. 1903.

Stein (St. v.). *Les fonctions du Labyrinthe*, Moscou, vol. 1 (en russe), 1891.

Steiner (J.). Ak. Pr., 30 mai 1886. — *Die Funktionen des Zentralnervensystems und ihre Phylogenese*, 1888.

Stern. Archiv für Ohrenheilkunde. November 1895.

Strehl. A. g. P. Bd., 61, 216, 235.

Stumpff. *Ueber den psychol. Ursprung der Raumvorstell*, Leipzig, 1873. — Revue scientifique, 1897.

Ueberweg (Fr.). Arch. f. Philol. u. Pädagogik. Bd., 17. 1851. — Zeitschr. f. Philos. u. phil. Kritik. Halle 1860. — *System der Logik u. Geschichte der logischen Lehren.* 3, Aufl. Bonn. 1868. — *Grundriss der Geschich. d. Philos.* 7. Aufl. Bearbeit. v. M. Heinze. Leipzig.

Verworn (Max.). Zeitschr. f. allg. Physiol., Bd., I, S. S. u. ff. 1902.

Vierordt. *Der Zeitsinn.* Stuttgart. 1868.

Viguier. *Le sens de l'orientation*, etc. Revue philosophique, 1882.

Vulpian. *Leçons s. l. phys. générale*, Paris, 1866. — *Leçons s. l. physiol. du système nerveux.* Paris 1866.

Wassilieff (A.). Physik. mathem. Jahrb. Moskau 1900 (en russe). Nik. Pawl. Lobatschewsky, Leipzig 1895. Teubner.

Weber (E. H.). B. S. Leipzig 1852.

Wundt (W.). *Grundzüge der physiol. Psychol.* 5. Auff. Leipzig 1903. — *Zur Theorie der räumlichen Gesichtswahrnehmungen.* Philos. Stud. Bd. 14, 1898.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

LES BASES EXPÉRIMENTALES DE LA THÉORIE DU SENS DE L'ESPACE

CHAPITRE II

LUTTE CONTRE LES ERREMENTS DANS L'ÉTUDE DES FONCTIONS DES CANAUX SEMI-CIRCULAIRES. EXPÉRIENCES DE ROTATION SUR L'HOMME ET SUR DIFFÉRENTS ANIMAUX

CHAPITRE III

DÉVELOPPEMENT ET ÉLABORATION DE LA THÉORIE DU SENS DE L'ESPACE

CHAPITRE IV

EXPÉRIENCES SUR LES VERTÉBRÉS ET LES INVERTÉBRÉS A UNE OU DEUX PAIRES DE CANAUX SEMI-CIRCULAIRES

CHAPITRE V

ERREURS DANS LA PERCEPTION DES DIRECTIONS PAR LE LABYRINTHE DE L'OREILLE

EXPLICATIONS DES PLANCHES

PLANCHE I

Fig. 1. — La déviation de la tête d'un pigeon privé de son labyrinthe, dix jours après l'opération.

Fig. 2. — Le commencement de la déviation de la tête chez un pigeon opéré du côté droit seulement; aussitôt après l'opération.

Fig. 3. — Le même pigeon cinq jours après l'opération.

Fig. 4. — Dix jours après l'opération.

Fig. 5. — Quinze jours après l'opération.

Fig. 6. — Un pigeon privé du labyrinthe pendant qu'il buvait (chap. I, § 5).

Fig. 7. — Un pigeon privé du labyrinthe sur une barre.

Fig. 8. — Une grenouille opérée du côté droit.

Fig. 9. — La déviation de la tête d'une grenouille à droite pendant sa rotation à gauche (chap. II, § 5.)

NB. — Toutes ces figures sont empruntées au livre d'Ewald « Ueber das Endorgan des Nervus octavus ».

PLANCHE II

La partie postérieure de la base du crâne de l'homme; les trois canaux semi-circulaires, S sagittal, H horizontal, et V vertical sont dans leur position naturelle, réduits à la même échelle que le crâne.

PLANCHE III

Fig. 1. — Modèle du labyrinthe de l'homme de l'oreille, considérablement agrandi, exécuté par M. Tramond: à droite les trois canaux semi-circulaires, disposés dans trois plans perpendiculaires les uns aux autres qui correspondent au système des trois coordonnées de Descartes; ce système de canaux avec leurs ampoules forme l'organe du sens géométrique; à gauche, le limaçon avec les fibres de Corti constitue l'organe du sens arithmétique. (Voir l'explication des diverses parties de ces deux organes à la figure 2.)

Fig. 2. — Schéma du labyrinthe membraneux de l'oreille de l'homme d'après M. V. Hensen (Physiologie des Gehörs dans « Handuch der Physiologie » de L. Hermann, vol. III). S canal sagittal, H canal horizontal, V canal vertical, *an* crista acoustica avec ses nerfs vestibulaires; *a* aqueduc du vestibule avec ses deux embranchements pour les deux otocystes; *e* l'utriculus, *f* le sacculus, *g* le canal conduisant du sacculus au canal *h*

du limaçon, qui, s'élargissant, aboutit au cul-de-sac *i*; *k* le nerf cochléaire dont les fibres se dirigent vers le bord central du canal spiroïdal; *x* la voie libre qui réunit les deux bouts du canal.

Fig. 3. — Le labyrinthe membraneux du pigeon domestique vu du côté droit.

Fig. 4. — Vue de l'intérieur du crâne. SB Canal sagittal, SA Ampoule sagittale, HB Canal horizontal, AH Ampoule horizontale, VB Canal vertical, VA Ampoule verticale, *u* Utriculus, *s* Sacculus, *ru* Recessus utriculi, *de* Ductus endolymphaticus, *c* Commissura, *lag* Lagena, *pb* Pars basilaris, *mr* Membrana Reissneri, *b* cul-de-sac. (Les figures sont empruntées chez C. Hasse, « La Morphologie comparative », etc.).

Fig. 5. — Labyrinthe membraneux de la grenouille (Rana esculenta), préparé dans la boîte cranienne d'après Retzius : *es* canal sagittal, *as* ampoule sagittale, *cv* canal vertical, *av* ampoule verticale, *ch* canal horizontal, *ah* ampoule horizontale, *u* utricule, *ss* sinus utriculi superior, *sp* sin. utriculi posterior, *rec* recessus utriculi, *s* sacculus, *de* ductus endolymphaticus, *cus* canalis utricolo-saccularis, *mu* macula rec. utriculi, *mn* macula neglecta, *l* lagena cochleae, *ph* pars basilaris cochleae, *ppb* papilla lagenae, *rb* ramulus basilaris, *rs* ramulus sacculi, *rav* ramulus amp. vertic., *ms* macula sacculi, *ras* ramulus amp. sagittalis, *rn* ramulus neglectus. (L'anatomie de la grenouille par Alex. Ecker, troisième partie, 1882).

ÉVREUX, IMPRIMERIE CH. HÉRISSEY, PAUL HÉRISSEY, SUCC^r

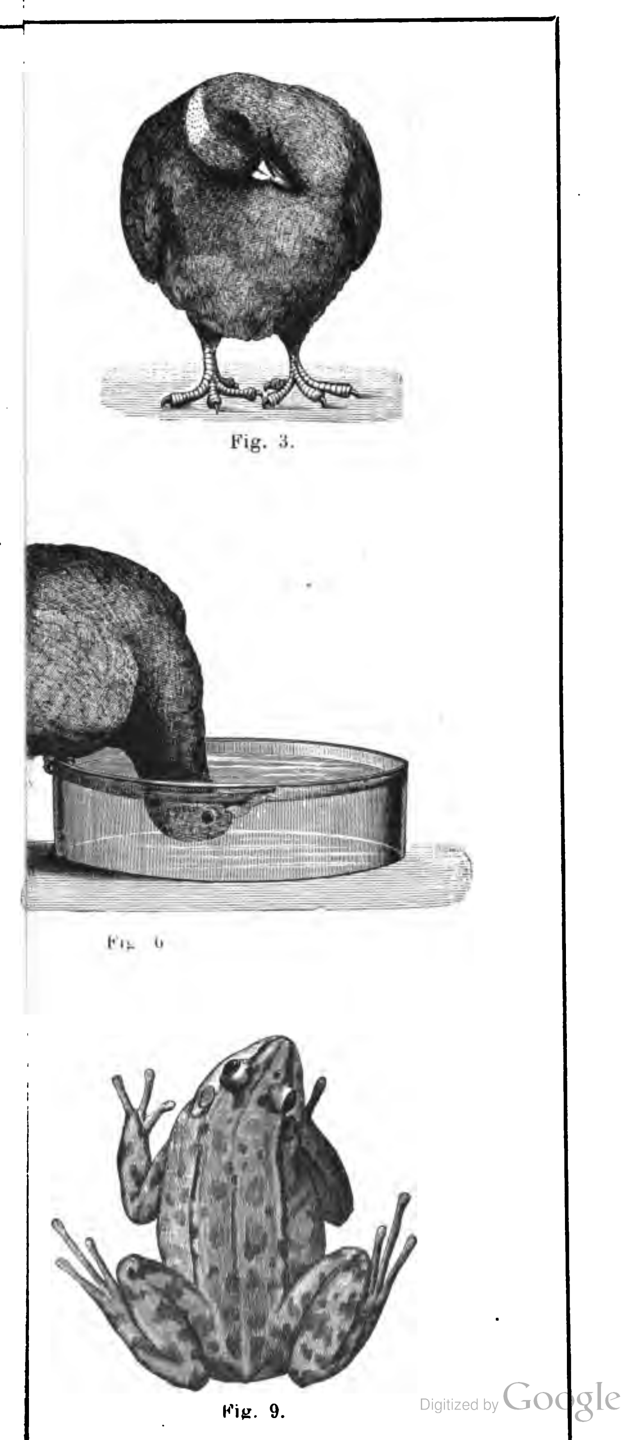
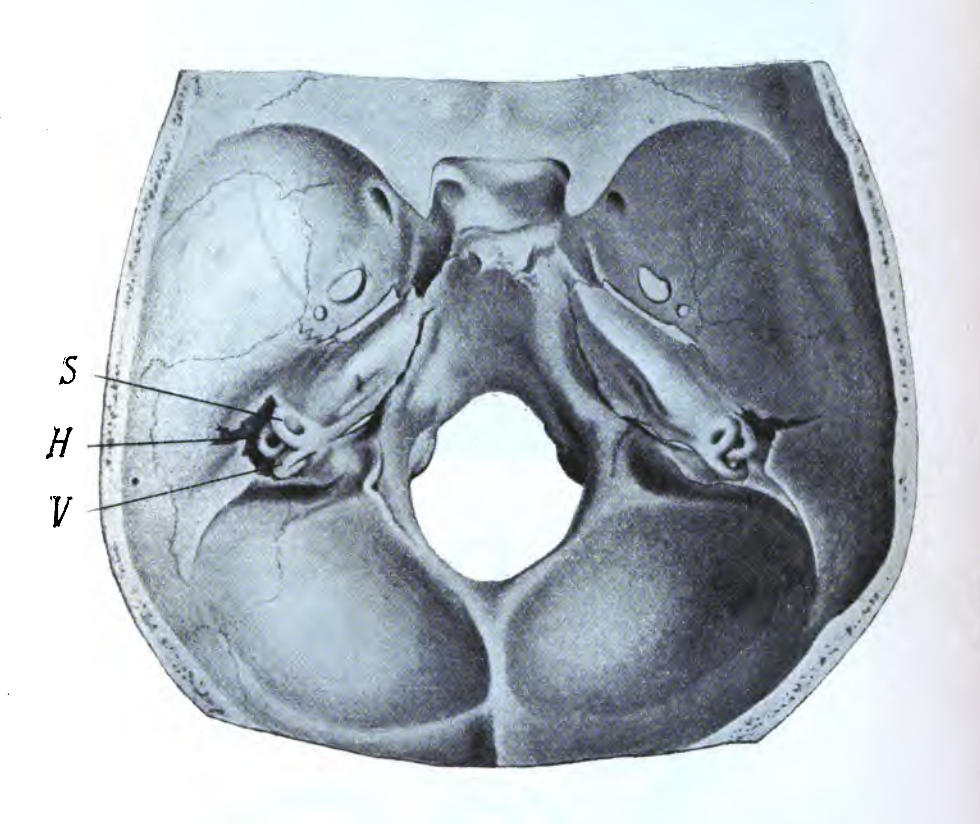


Fig. 3.

Fig. 6

Fig. 9.


S
H
V

1



2. Homme.

4. Pigeon.

3. Pigeon.

5. Grenouille.

LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

FÉLIX ALCAN ET R. LISBONNE, ÉDITEURS

PHILOSOPHIE — HISTOIRE

CATALOGUE

DES

Livres de Fonds

On peut se procurer tous les ouvrages qui se trouvent dans ce Catalogue par l'intermédiaire des libraires de France et de l'Étranger.

On peut également les recevoir franco *par la poste, sans augmentation des prix désignés, en joignant à la demande des* TIMBRES-POSTE FRANÇAIS *ou un* MANDAT *sur Paris.*

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

PARIS, 6e

Les titres précédés d'un *astérisque* (*) sont recommandés par le Ministère de l'Instruction publique pour les Bibliothèques des élèves et des professeurs et pour les distributions de prix des lycées et collèges.

BIBLIOTHÈQUE

DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

La *psychologie*, avec ses auxiliaires indispensables, l'*anatomie* et la *physiologie du système nerveux*, la *pathologie mentale*, la *psychologie des races inférieures et des animaux*, les *recherches expérimentales des laboratoires*; — la *logique*; — les *théories générales fondées sur les découvertes scientifiques*; — l'*esthétique*; — les *hypothèses métaphysiques*; — la *criminologie* et la *sociologie*; l'*histoire des principales théories philosophiques*; tels sont les principaux sujets traités dans cette bibliothèque. — Le catalogue spécial à cette collection, par ordre de matières, sera envoyé sur demande.

VOLUMES IN-16, BROCHÉS, A 2 FR. 50

Ouvrages parus en 1910 :

BALDWIN (J.-M.), correspondant de l'Institut. **Le darwinisme dans les sciences morales.** Traduit par G.-L. DUPRAT, docteur ès lettres.
DUNAN (Ch.), professeur au collège Rollin. **Les deux idéalismes.**
JOUSSAIN (A.). **Romantisme et religion.**
KOSTYLEFF (N.). **La crise de la psychologie expérimentale.**
MENDOUSSE (P.), docteur ès lettres, professeur au lycée de Digne. **Du dressage à l'Education.**
PAULHAN (FR.). **La logique de la contradiction.**
PÉLADAN. **La philosophie de Léonard de Vinci.**
PHILIPPE (Dr J.) et PAUL-BONCOUR (Dr G.). **L'éducation des anormaux.**
QUEYRAT (Fr.). **La curiosité.** *Étude de psychologie appliquée.*
SEGOND (J.), docteur ès lettres. **Cournot et la psychologie vitaliste.**
SEILLIÈRE (E.). **Introduction à la philosophie de l'impérialisme.**

Précédemment publiés :

ALAUX (V.). **La philosophie de Victor Cousin.**
ALLIER (R.). * **La philosophie d'Ernest Renan.** 2e édit. 1903.
ARRÉAT (L.). * **La morale dans le drame, l'épopée et le roman.** 3e édit.
— * **Mémoire et imagination** (Peintres, musiciens, poètes, orateurs). 2e édit.
— **Les croyances de demain.** 1898.
— **Dix ans de philosophie.** 1900.
— **Le sentiment religieux en France.** 1903.
— **Art et psychologie individuelle.** 1906.
ASLAN (G.), docteur ès lettres. **L'expérience et l'invention en morale.** 1908.
AVEBURY (Lord) (Sir JOHN LUBBOCK). **Paix et bonheur.** trad. A. MONOD. (V. p. 4.)
BALLET (G.), professeur à la Faculté de médecine de Paris. **Le Langage intérieur et les diverses formes de l'aphasie.** 2e édit.
BAYET (A.). **La morale scientifique.** 2e édit. 1906.
BEAUSSIRE, de l'Institut. * **Antécédents de l'hégélianisme dans la philosophie française.**
BERGSON (H.), de l'Institut, professeur au Collège de France. * **Le Rire.** Essai sur la signification du comique. 6e édit. 1910.
BINET (A.), directeur du laboratoire de psychologie physiologique de la Sorbonne. **La psychologie du raisonnement**, expériences par l'hypnotisme. 4e édit. 1907.
BLONDEL (H.). **Les approximations de la vérité.** 1900.
BOS (C.), docteur en philosophie. * **Psychologie de la croyance.** 2e édit. 1905.
— * **Pessimisme, Féminisme, Moralisme.** 1907.
BOUCHER (M.). **L'hyperespace, le temps, la matière et l'énergie.** 2e édit. 1905.
BOUGLÉ (C.), chargé de cours à la Sorbonne. **Les sciences sociales en Allemagne.** 2e édit. 1902.
— * Qu'est-ce que la Sociologie? 2e édit. 1910.

VOLUMES IN-16 A 2 FR. 50

BOURDEAU (J.). **Les Maîtres de la pensée contemporaine.** 6e édit. 1910.
— **Socialistes et sociologues.** 2e édit. 1907.
— **Pragmatisme et modernisme.** 1909.
BOUTROUX, de l'Institut. * **De la contingence des lois de la nature.** 6e édit. 1908.
BRUNSCHVICG, maître de conférences à la Sorbonne. * **Introduction à la vie de l'esprit.** 2e édit. 1906.
— * **L'idéalisme contemporain.** 1905.
COIGNET (C.). **L'évolution du protestantisme français au XIXe siècle.** 1907.
COMPAYRÉ (G.), de l'Institut. * **L'adolescence.** *Étude de psychologie et de pédagogie.* 2e éd.
COSTE (Ad.). **Dieu et l'âme.** 2e édit. précédée d'une préface par R. WORMS. 1903.
CRAMAUSSEL (Ed.), docteur ès lettres. * **Le premier éveil intellectuel de l'enfant.** 1909. 2e éd.
CRESSON (A.), prof. au lycée St-Louis. **La Morale de Kant.** 2e édit. (Couronné par l'Institut).
— **Le Malaise de la pensée philosophique.** 1905.
— * **Les bases de la philosophie naturaliste.** 1907.
DANVILLE (Gaston). **Psychologie de l'amour.** 5e édit. 1910.
DAURIAC (L.). **La Psychologie dans l'Opéra français** (Auber, Rossini, Meyerbeer).
DELVOLVE (J.), maître de conférences à l'Univ. de Montpellier. * **L'organisation de la conscience morale.** *Esquisse d'un art moral positif.* 1906.
— **Rationalisme et tradition.** 1909.
DROMARD (G.). **Les mensonges de la Vie intérieure.** 1909.
DUGAS, docteur ès lettres. * **Le Psittacisme et la pensée symbolique.** 1896.
— **La Timidité.** 5e édit. augmentée, 1910.
— **Psychologie du rire.** 2e édit. 1910.
— **L'absolu.** 1904.
DUGUIT (L.), prof. à la Faculté de droit de Bordeaux. **Le droit social, le droit individuel et la transformation de l'État.** 2e édition, 1911.
DUMAS (G.), professeur adjoint à la Sorbonne. * **Le Sourire,** avec 19 figures. 1906.
DUNAN, docteur ès lettres. **La théorie psychologique de l'Espace.**
DUPRAT (G.-L.), docteur ès lettres. **Les Causes sociales de la Folie.** 1900.
— **Le Mensonge.** *Étude psychologique.* 2e édit. revue. 1909.
DURAND (de Gros). * **Questions de philosophie morale et sociale.** 1902.
DURKHEIM (Émile), professeur à la Sorbonne. * **Les règles de la méthode sociologique.** 5e édit. 1910.
EICHTHAL (E. D'), de l'Institut. **Pages sociales.** 1909.
ENCAUSSE (Papus). **L'occultisme et le spiritualisme.** 2e édit. 1903.
ESPINAS (A.), de l'Institut. * **La Philosophie expérimentale en Italie.**
FAIVRE (E.). **De la Variabilité des espèces.**
FÉRÉ (Dr Ch.). **Sensation et Mouvement.** Étude de psycho-mécanique, avec fig. 2e éd.
— **Dégénérescence et Criminalité,** avec figures. 4e édit. 1907.
FERRI (E.). * **Les Criminels dans l'Art et la Littérature.** 3e édit. 1908.
FIERENS-GEVAERT. **Essai sur l'Art contemporain.** 2e éd. 1903. (Cour. par l'Acad. franç.)
— **La Tristesse contemporaine,** 5e édit. 1908. (Couronné par l'Institut.)
— * **Psychologie d'une ville.** *Essai sur Bruges.* 3e édit. 1908.
— **Nouveaux essais sur l'Art contemporain.** 1903.
FLEURY (Maurice de), de l'Académie de médecine. **L'Ame du criminel.** 2e édit. 1907.
FONSEGRIVE, professeur au lycée Buffon. **La Causalité efficiente.** 1893.
FOUILLÉE (A.), de l'Institut. **La propriété sociale et la démocratie.** 4e édit. 1909.
FOURNIÈRE (E.). **Essai sur l'individualisme.** 2e édit. 1908.
GAUCKLER. **Le Beau et son histoire.**
GELEY (Dr G.). * **L'être subconscient.** 2e édit. 1905.
GIROD (J.), agrégé de philosophie. * **Démocratie, patrie, humanité.** 1909.
GOBLOT (E.), professeur à l'Université de Lyon. **Justice et liberté.** 2e éd. 1907.
GODFERNAUX (G.), docteur ès lettres. **Le Sentiment et la Pensée.** 2e éd. 1906.
GRASSET (J.), professeur à la Faculté de Médecine de Montpellier. **Les limites de la biologie.** 6e édit. 1909. Préface de Paul BOURGET, de l'Académie française.
GREEF (de), prof. à l'Univ. nouv. de Bruxelles. **Les Lois sociologiques.** 4e édit. revue. 1908.
GUYAU. * **La Genèse de l'idée de temps.** 2e édit. 1902.
HARTMANN (E. de). **La Religion de l'avenir.** 7e édit. 1908.
— **Le Darwinisme,** ce qu'il y a de vrai et de faux dans cette doctrine. 9e édit.
HERBERT SPENCER. * **Classification des sciences.** 9e édit. 1909.
— **L'Individu contre l'État.** 8e édit. 1908.
HERCKENRATH (C.-R.-C.). **Problèmes d'Esthétique et de Morale.** 1897.
JAELL (Mme). **L'intelligence et le rythme dans les mouvements artistiques.**
JAMES (W.). **La théorie de l'émotion,** préface de G. DUMAS. 3e édit. 1910.
JANET (Paul), de l'Institut. * **La Philosophie de Lamennais.**
JANKELEVITCH (Dr). * **Nature et Société.** *Essai d'une application du point de vue finaliste aux phénomènes sociaux.* 1906.
JOUSSAIN (A.). **Le fondement psychologique de la morale.** 1909.

VOLUMES IN-16 A 2 FR. 50

LACHELIER (J.), de l'Institut. **Du fondement de l'induction**, 5e édit. 1907.
— * **Études sur le syllogisme**, suivies de l'observation de Platner et d'une note sur le « Philèbe ». 1907.
LAISANT (C.). **L'Éducation fondée sur la science**. Préface de A. NAQUET. 3e éd. 1911.
LAMPÉRIÈRE (Mme A.). * **Le Rôle social de la femme**, son éducation. 1898.
LANDRY (A.), docteur ès lettres. **La Responsabilité pénale**. 1902.
LANGE, professeur à l'Université de Copenhague. * **Les Émotions**, étude psycho-physiologique, traduit par G. Dumas. 2e édit. 1902.
LAPIE (P.), professeur à l'Université de Bordeaux. **La Justice par l'État**. 1899.
LAUGEL (Auguste). **L'Optique et les Arts**.
LE BON (Dr Gustave). * **Lois psychologiques de l'évolution des peuples**. 10e édit. 1911.
— * **Psychologie des foules**. 16e édit. 1911.
LE DANTEC (F.), chargé du cours d'Embryologie générale à la Sorbonne. **Le Déterminisme biologique et la Personnalité consciente**. 3e édit. 1908.
— * **L'Individualité et l'Erreur individualiste**. 3e édit. 1911.
— * **Lamarckiens et Darwiniens**. 3e édit. 1908.
LEFÈVRE (G.), professeur à l'Univ. de Lille. **Obligation morale et idéalisme**. 1895.
LIARD, de l'Inst., vice-recteur de l'Acad. de Paris. * **Les Logiciens anglais contemp.** 5e éd.
— **Des définitions géométriques et des définitions empiriques**. 3e édit.
LICHTENBERGER (Henri), professeur-adjoint à la Sorbonne. * **La philosophie de Nietzsche**, 12e édit. 1911.
— * **Friedrich Nietzsche. Aphorismes et fragments choisis**. 5e édit. 1911.
LODGE (Sir Olivier). * **La Vie et la Matière**, trad. J. MAXWELL. 2e édit. 1909.
LUBBOCK (Sir John). * **Le Bonheur de vivre**. 2 volumes. 11e édit. 1909.
— * **L'Emploi de la vie**. 7e éd. 1908.
LYON (Georges), recteur de l'Académie de Lille. * **La Philosophie de Hobbes**.
MARGUERY (E.). **L'Œuvre d'art et l'évolution**. 2e édit. 1905.
MAUXION (M.), prof. à l'Univ. de Poitiers. * **L'éducation par l'instruction**. *Herbart.*
— * **Essai sur les éléments et l'évolution de la moralité**. 1904.
MILHAUD (G.), professeur à la Sorbonne. * **Le Rationnel**. 1898.
— * **Essai sur les conditions et les limites de la Certitude logique**. 2e édit. 1898.
MOSSO, prof. à l'Univ. de Turin. * **La Peur**. Étude psycho-physiologique (avec figures). 4e édit. revue. 1908.
— * **La Fatigue intellectuelle et physique**. Trad. Langlois. 6e édit. 1908.
MURISIER (E.). * **Les Maladies du sentiment religieux**. 3e édit. 1909.
NAVILLE (A.), prof. à l'Univ. de Genève. **Nouvelle classification des sciences**. 2e édit. 1901.
NORDAU (Max). **Paradoxes psychologiques**, trad. Dietrich. 6e édit. 1907.
— **Paradoxes sociologiques**, trad. Dietrich. 6e édit. 1910.
— * **Psycho-physiologie du Génie et du Talent**, trad. Dietrich. 4e édit. 1906.
NOVICOW (J.). **L'Avenir de la Race blanche**. 2e édit. 1903.
OSSIP-LOURIÉ, docteur ès lettres, professeur à l'Université nouvelle de Bruxelles. **Pensées de Tolstoï**. 3e édit. 1910.
— * **Nouvelles Pensées de Tolstoï**. 1903.
— * **La Philosophie de Tolstoï**. 3e édit. 1908.
— * **La Philosophie sociale dans le théâtre d'Ibsen**. 2e édit. 1910.
— **Le Bonheur et l'Intelligence**. 1904.
— **Croyance religieuse et croyance intellectuelle**. 1908.
PALANTE (G.), agrégé de philosophie. **Précis de sociologie**. 4e édit. 1909.
— * **La sensibilité individualiste**. 1909.
PARODI (D.), professeur au lycée Michelet. **Le problème moral et la pensée contemporaine**. 1909.
PAULHAN (Fr.). **Les Phénomènes affectifs et les lois de leur apparition**. 2e éd. 1901.
— * **Psychologie de l'invention**. 2e édit. 1911.
— * **Analystes et esprits synthétiques**. 1903.
— * **La fonction de la mémoire et le souvenir affectif**. 1904.
— **La morale de l'ironie**. 1909.
PHILIPPE (J.). * **L'image mentale**, avec fig. 1903.
PHILIPPE (Dr J.) et PAUL-BONCOUR (Dr G.). **Les anomalies mentales chez les écoliers.** (*Ouvrage couronné par l'Institut*). 2e éd. 1907.
PILLON (F.), lauréat de l'Institut. * **La Philosophie de Ch. Secrétan**. 1898.
PIOGER (Dr Julien). **Le Monde physique**, essai de conception expérimentale. 1893.
PROAL (Louis), conseiller à la Cour d'appel de Paris. **L'éducation et le suicide des enfants.** Étude psychologique et sociologique. 1907.
QUEYRAT, prof. de l'Univ. * **L'Imagination et ses variétés chez l'enfant**. 4e édition, 1908.
— * **L'Abstraction**, son rôle dans l'éducation intellectuelle. 2e édit. revue. 1907.
— * **Les Caractères et l'éducation morale**. 4e éd. 1911.
— * **La logique chez l'enfant et sa culture**. 3e édition, revue. 1907.
— * **Les jeux des enfants**. 2e édit. 1908.

VOLUMES IN-16 A 2 FR. 50

RAGEOT (G.), agrégé de philosophie. **Les savants et la philosophie**. 1907.
REGNAUD (P.), professeur à l'Université de Lyon. **Logique évolutionniste**. 1897.
— **Comment naissent les mythes**. 1897.
RENARD (Georges), prof. au Collège de France. **Le Régime socialiste**, 6e éd. 1907.
RÉVILLE (A.). **Histoire du Dogme de la Divinité de Jésus-Christ**. 4e édit. 1907.
REY (A.), chargé de cours à l'Université de Dijon. * **L'Energétique et le Mécanisme**. 1907.
RIBOT (Th.), de l'Institut, professeur honoraire au Collège de France, directeur de la *Revue philosophique*. **La Philosophie de Schopenhauer**. 12e édition.
— * **Les Maladies de la mémoire**. 21e édit.
— * **Les Maladies de la volonté**. 26e édit. 1910.
— * **Les Maladies de la personnalité**. 14e édit.
— * **La Psychologie de l'attention**. 11e édit. 1910.
— **Problèmes de psychologie affective**. 1909.
RICHARD (G.), professeur à l'Univ. de Bordeaux. * **Socialisme et Science sociale**. 3e édit.
RICHET (Ch.), prof. à l'Univ. de Paris. **Essai de psychologie générale**. 8e édit. 1910.
ROBERTY (E. de). **L'Agnosticisme**. Essai sur quelques théories pessimistes de la connaissance. 3e édit. 1893.
— **La Recherche de l'Unité**. 1893.
— **Le Psychisme social**. 1896.
— **Les Fondements de l'Éthique**. 1898.
— **Constitution de l'Éthique**. 1901.
— **Frédéric Nietzsche**. 3e édit. 1903.
ROEHRICH (E.). * **L'attention spontanée et volontaire**. Son fonctionnement, ses lois, son emploi dans la vie pratique. (*Récompensé par l'Institut.*) 1907.
ROGUES DE FURSAC (J.). **Un mouvement mystique contemporain**. Le réveil religieux au Pays de Galles (1904-1905). 1907.
ROISEL. **De la Substance**.
— **L'Idée spiritualiste**. 2e édit. 1901.
ROUSSEL-DESPIERRES. **L'Idéal esthétique**. *Philosophie de la Beauté*. 1904.
RZEWUSKI (S.). **L'optimisme de Schopenhauer**. 1908.
SCHOPENHAUER. * **Le Fondement de la morale**, trad. par A. Burdeau. 10e édit.
— * **Le libre Arbitre**, trad. par M. Salomon Reinach, de l'Institut. 11e édit. 1909.
— **Pensées et Fragments**, avec intr. par M. J. Bourdeau. 24e édit. 1911.
— * **Écrivains et Style**, traduct. Dietrich. 2e édit. 1908. (*Parerga et Paralipomena*).
— * **Sur la Religion**, traduct. Dietrich. 2e édit. 1908. id.
— * **Philosophie et Philosophes**, trad. Dietrich, 1907. id.
— * **Éthique, droit et politique**. 1908, traduct. Dietrich. id.
— **Métaphysique et esthétique**, traduction Aug. Dietrich. 1909. id.
SOLLIER (Dr P.). **Les Phénomènes d'autoscopie**, avec fig. 1903.
— * **Essai critique et théorique sur l'Association en psychologie**. 1907.
SOURIAU (P.), professeur à l'Université de Nancy. * **La Rêverie esthétique**. 1906.
STUART MILL. * **Auguste Comte et la Philosophie positive**. 8e édit. 1907.
— * **L'Utilitarisme**. 6e édit., revue, 1910.
— **Correspondance inédite avec Gust. d'Eichthal** (1828-1842) — (1864-1871).
— **La Liberté**, avant-propos, introduction et traduct. par Dupont-White. 3e édit.
SULLY PRUDHOMME, de l'Académie française. * **Psychologie du libre arbitre** suivi de *Définitions fondamentales des idées les plus générales et des idées les plus abstraites*. 1907.
— et Ch. RICHET. **Le problème des causes finales**. 4e édit. 1907.
SWIFT. **L'éternel Conflit**. 1907.
TANON (L.). * **L'Évolution du Droit et la Conscience sociale**. 3e édit. revue, 1911.
TARDE, de l'Institut. **La Criminalité comparée**. 7e édit. 1910.
— * **Les Transformations du Droit**. 6e édit. 1909.
— * **Les Lois sociales**. 6e édit. 1910.
TAUSSAT (J.). **Le monisme et l'animisme**, 1908.
THAMIN (R.), recteur de l'Acad. de Bordeaux. * **Éducation et Positivisme**. 3e édit. 1910.
THOMAS (P. Félix), docteur ès lettres. * **La Suggestion**, son rôle dans l'éducation. 4e édit. 1907.
— * **Morale et Éducation**, 2e édit. 1905.
WUNDT. **Hypnotisme et Suggestion**. Étude critique, trad. Keller. 5e édit. 1910.
ZELLER. Christian Baur et l'École de Tubingue, trad. Ritter.

BIBLIOTHÈQUE
DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

VOLUMES IN-8, BROCHÉS
à 3 fr. 75, 5 fr., 7 fr. 50, 10 fr., 12 fr. 50 et 15 fr.

Ouvrages parus en 1910 :

BRUGEILLES (R.), juge suppléant au tribunal civil de Bordeaux. **Le droit et la sociologie**........ 3 fr. 75
CELLÉRIER (L.) **Esquisse d'une science pédagogique.** *Les faits et les lois de l'éducation.* (*Récompensé par l'Institut*)........ 7 fr. 50
DARBON (A.), docteur ès lettres. **L'explication mécanique et le nominalisme**.... 3 fr. 75
DROMARD (G.). **Essai sur la sincérité**........ 5 fr.
DUBOIS (J.), docteur en philosophie. **Le problème pédagogique.** *Essai sur la position du problème et la recherche de ses solutions*........ 7 fr. 50
DURKHEIM (E.), professeur à la Sorbonne. **L'Année sociologique.** TOME XI (1906-1909). 1 fort vol. in-8........ 15 fr.
EUCKEN (R.), professeur à l'Université d'Iéna. **Les grands courants de la pensée contemporaine.** Trad. H. BURIOT et G.-H. LUQUET. Avant-propos de *E. Boutroux*, de l'Institut........ 10 fr.
FOUILLÉE (A.), de l'Institut. **La démocratie politique et sociale en France**..... 3 fr. 75
GOURD (J.-J.). **Philosophie de la Religion.** Préface de E. BOUTROUX, de l'Institut. 5 fr.
HAMELIN (O.), chargé de Cours à la Sorbonne. **Le Système de Descartes**, publié par L. ROBIN, chargé de Cours à l'Université de Caen. Préface de E. DURKHEIM, professeur à la Sorbonne........ 7 fr. 50
MÉNARD (A.), docteur ès lettres. **Analyse et critique des principes de la psychologie de W. James**........ 7 fr. 50
MENDOUSSE (P.), docteur ès lettres, professeur au lycée de Digne. **L'âme de l'adolescent**........ 5 fr.
ROEHRICH (E.). **Philosophie de l'éducation.** *Essai de pédagogie générale.* (*Récompensé par l'Institut*)........ 5 fr.
SEGOND (J.), docteur ès lettres. **La prière.** *Essai de psychologie religieuse*...... 7 fr. 50

Précédemment publiés :

ADAM, recteur de l'Académie de Nancy. * **La Philosophie en France** (première moitié du XIXe siècle)........ 7 fr. 50
ARREAT. * **Psychologie du Peintre**........ 5 fr.
AUBRY (Dr P.). **La Contagion du Meurtre.** 3e édit. 1896........ 5 fr.
BAIN (Alex.). **La Logique inductive et déductive.** Trad. Compayré. 5e édit. 2 vol.... 20 fr.
BALDWIN (Mark), professeur à l'Université de Princeton (États-Unis). **Le Développement mental chez l'Enfant et dans la Race.** Trad. Nourry. 1897........ 7 fr. 50
BARDOUX (J.). * **Essai d'une Psychologie de l'Angleterre contemporaine.** *Les crises belliqueuses.* (*Couronné par l'Académie française*). 1906........ 7 fr. 50
— **Essai d'une Psychologie de l'Angleterre contemporaine.** *Les crises politiques. Protectionnisme et Radicalisme.* 1907........ 5 fr.
BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, de l'Institut. **La Philosophie dans ses Rapports avec les Sciences et la Religion**........ 5 fr.
BARZELOTTI, prof. à l'Univ. de Rome. * **La Philosophie de H. Taine.** 1900...... 7 fr. 50
BAYET (A.). **L'Idée de Bien.** Essai sur le principe de l'art moral rationnel. 1908.. 3 fr. 75
BAZAILLAS (A.), docteur ès lettres, prof. au lycée Condorcet. * **La Vie personnelle.** 1905. 5 fr.
— **Musique et Inconscience.** *Introduction à la psychologie de l'inconscient.* 1907.... 5 fr.
BELOT (G.), prof. au lycée Louis-le-Grand. **Études de Morale positive.** (*Récompensé par l'Institut.*) 1907........ 7 fr. 50
BERGSON (H.), de l'Institut. * **Matière et Mémoire.** 6e édit. 1910........ 5 fr.
— **Essai sur les données immédiates de la conscience.** 7e édit. 1909........ 3 fr. 75
— * **L'Évolution créatrice.** 7e édit. 1911........ 7 fr. 50
BERTHELOT (R.), membre de l'Académie de Belgique. * **Évolutionnisme et Platonisme.** 1908........ 5 fr.
BERTRAND, prof. à l'Université de Lyon. * **L'Enseignement intégral.** 1898........ 5 fr.
— **Les Études dans la démocratie.** 1900........ 5 fr.
BINET (A.). * **Les Révélations de l'écriture**, avec 67 grav........ 5 fr.
BLOCH (L.), docteur ès lettres, agrégé de philos. * **La Philosophie de Newton.** 1908. 10 fr.

VOLUMES IN-8

BOIRAC (Émile), recteur de l'Académie de Dijon. * **L'Idée du Phénomène**.......... 5 fr.
— * **La Psychologie inconnue**. Introduction et contribution à l'étude expérimentale des sciences psychiques. 1908........ 5 fr.
BOUGLÉ, chargé de cours à la Sorbonne. * **Les Idées égalitaires**. 2e édit. 1908... 3 fr. 75
— **Essais sur le Régime des Castes**. (*Travaux de l'*Année sociologique *publiés sous la direction de M. Emile Durkheim*). 1908........ 5 fr.
BOURDEAU (L.). **Le Problème de la mort**. 4e édit. 1904........ 5 fr.
— **Le Problème de la vie**. 1901........ 7 fr. 50
BOURDON, prof. à l'Univ. de Rennes. * **L'Expression des émotions**........ 7 fr. 50
BOUTROUX (E.), de l'Institut. **Études d'histoire de la philosophie**. 3e édit. 1908. 7 fr. 50
BRAUNSCHVIG, docteur ès lettres. **Le Sentiment du beau et le sentiment poétique**. 1904........ 3 fr. 75
BRAY (L.). **Du Beau**. 1902........ 5 fr.
BROCHARD (V.), de l'Institut. **De l'Erreur**. 2e édit. 1897........ 5 fr.
BRUNSCHVICG (E.), maître de conférences à la Sorbonne. **La Modalité du jugement**. 5 fr.
— * **Spinoza**. 2e édit. 1906........ 3 fr. 75
CARRAU (Ludovic), prof. à la Sorbonne. **Philosophie religieuse en Angleterre**....... 5 fr.
CHABOT (Ch.), prof. à l'Univ. de Lyon. * **Nature et Moralité**. 1897........ 5 fr.
CHIDE (A.), agrégé de philosophie. * **Le Mobilisme moderne**. 1908........ 5 fr.
CLAY (R.). * **L'Alternative**, *Contribution à la Psychologie*. 2e édit........ 10 fr.
COLLINS (Howard). * **La Philosophie de Herbert Spencer**. 4e édit. 1904........ 10 fr.
COSENTINI (F.). **La Sociologie génétique**. *Pensée et vie sociale préhist.* 1905... 3 fr. 75
COSTE. (Ad.). **Les Principes d'une sociologie objective**........ 3 fr. 75
— **L'Expérience des peuples et les prévisions qu'elle autorise**. 1900........ 10 fr.
COUTURAT (L.). **Les Principes des Mathématiques**. 1906........ 5 fr.
CRÉPIEUX-JAMIN. **L'Écriture et le Caractère**. 5e édit. 1909........ 7 fr. 50
CRESSON, docteur ès lettres, prof. au lycée St-Louis. **La Morale de la raison théorique**. 1903........ 5 fr.
CYON (E. de). **Dieu et Science**. 1909........ 7 fr. 50
DAURIAC (L.). * **Essai sur l'esprit musical**. 1904........ 5 fr.
DELACROIX (H.), maître de conf. à la Sorbonne. * **Études d'Histoire et de Psychologie du Mysticisme**. Les grands mystiques chrétiens. 1908........ 10 fr.
DE LA GRASSERIE (R.), lauréat de l'Institut. **Psychologie des religions**. 1899....... 5 fr.
DELBOS (V.), professeur adjoint à la Sorbonne. **La philosophie pratique de Kant**. 1905. (Ouvrage couronné par l'Académie française)........ 12 fr. 50
DELVAILLE (J.), agr. de philosophie. * **La Vie sociale et l'éducation**. 1907. (Récompensé par l'Institut)........ 3 fr. 75
DELVOLVE (J.), maître de conf. à l'Univ. de Montpellier. * **Religion, critique et philosophie positive chez Pierre Bayle**. 1906........ 7 fr. 50
DRAGHICESCO (D.), prof. à l'Université de Bucarest. **L'Individu dans le déterminisme social**........ 7 fr. 50
— * **Le problème de la conscience**. 1907........ 3 fr. 75
DUGAS (L.), docteur ès lettres. * **Le Problème de l'Éducation**. *Essai de solution par la critique des doctrines pédagogiques*. 2e édition revue, 1911........ 5 fr.
DUMAS (G.), professeur adjoint à la Sorbonne. **Psychologie de deux messies positivistes**. *Saint-Simon et Auguste Comte*. 1905........ 5 fr.
DUPRAT (G.-L.), docteur ès lettres. **L'Instabilité mentale**. 1899........ 5 fr.
DUPROIX (P.), doyen de la Faculté des lettres de Genève. **Kant et Fichte et le problème de l'éducation**. 2e édit. (Cour. par l'Acad. franç.)........ 5 fr.
DURAND (de Gros). **Aperçus de Taxinomie générale**. 1898........ 5 fr.
— **Nouvelles Recherches sur l'esthétique et la morale**. 1899........ 5 fr.
— **Variétés philosophiques**. 2e édit. revue et augmentée. 1900........ 5 fr.
DURKHEIM (E.), prof. à la Sorbonne. * **De la division du travail social**. 2e édit. 1901. 7 fr. 50
— **Le Suicide**, *étude sociologique*. 1897........ 7 fr. 50
— * **L'Année sociologique** : 11 volumes parus.
1re Année (1896-1897). — Durkheim : La prohibition de l'inceste et ses origines. — G. Simmel : Comment les formes sociales se maintiennent. — *Analyses* des travaux de sociologie publiés du 1er juillet 1896 au 30 juin 1897........ 10 fr.
2e Année (1897-1898). — Durkheim : De la définition des phénomènes religieux. — Hubert et Mauss : La nature et la fonction du sacrifice. — *Analyses*........ 10 fr.
3e Année (1898-1899). — Ratzel : Le sol, la société, l'État. — Richard : Les crises sociales et la criminalité. — Steinmetz : Classif. des types sociaux.. — *Analyses*. 10 fr.
4e Année (1899-1900). — Bouglé : Remarques sur le régime des castes. — Durkheim : Deux lois de l'évolution pénale. — Charmont : Notes sur les causes d'extinction de la propriété corporative. — *Analyses*........ 10 fr.
5e Année (1900-1901). — F. Simiand : Remarques sur les variations du prix du charbon au xixe siècle. — Durkheim : **Sur le Totémisme**. — *Analyses*........ 10 fr.

VOLUMES IN-8

6e Année (1901-1902). — DURKHEIM et MAUSS : De quelques formes primitives de classification. Contribution à l'étude des représentations collectives. — BOUGLÉ : Les théories récentes sur la division du travail. — *Analyses*........................ 12 fr. 50
7e Année (1902-1903). — HUBERT et MAUSS : Théorie générale de la magie. — *Analyses*. 12 fr. 50
8e Année (1903-1904). — H. BOURGIN : La boucherie à Paris au XIXe siècle. — E. DURKHEIM : L'organisation matrimoniale australienne. — *Analyses*........................ 12 fr. 50
9e Année (1904-1905). — H. MEILLET : Comment les noms changent de sens. — MAUSS et BEUCHAT : Les variations saisonnières des sociétés eskimos. — *Analyses*.... 12 fr. 50
10e année (1905-1906). — P. HUVELIN : Magie et droit individuel. — R. HERTZ : Contribution à une étude sur la représentation collective de la mort. — C. BOUGLÉ : Note sur le droit et la caste en Inde. — *Analyses*........................ 12 fr. 50
TOME XI. — (1906-1909)........................ 15 fr.

DWELSHAUVERS, prof. à l'Université de Bruxelles. * **La Synthèse mentale**. 1908... 5 fr.
EBBINGHAUS (H.), prof. à l'Université de Halle. **Précis de psychologie**. Trad. de l'allemand par G. RAPHAEL. 1909........................ 5 fr.
EGGER (V.), professeur à la Sorbonne. **La parole intérieure**. 2e édit. 1904........ 5 fr.
ENRIQUES. (F.). * **Les Problèmes de la Science et la Logique**, trad. J. Dubois. 1908........................ 3 fr. 75
ESPINAS (A.), de l'Institut. * **La Philosophie sociale du XVIIIe siècle et la Révolution française**. 1898........................ 7 fr. 50
EVELLIN (F.), de l'Institut. **La Raison pure et les antinomies**. Essai critique sur la philosophie kantienne. (*Couronné par l'Institut*.) 1907........................ 5 fr.
FERRERO (G.). **Les Lois psychologiques du symbolisme**. 1895........................ 5 fr.
FERRI (Enrico). **La Sociologie criminelle**. Traduction L. Terrier. 1905........ 10 fr.
FERRI (Louis). **La Psychologie de l'association**, depuis Hobbes........................ 7 fr. 50
FINOT (J.). **Le préjugé des races**. 3e édit. 1908. (Récompensé par l'Institut)...... 7 fr. 50
— **La Philosophie de la longévité**. 12e édit. refondue. 1908........................ 5 fr.
FONSEGRIVE, prof. au lycée Buffon. * **Essai sur le libre arbitre**. 2e édit. 1895..... 10 fr.
FOUCAULT, professeur à l'Univ. de Montpellier. **La psychophysique**. 1901....... 7 fr. 50
— * **Le Rêve**. 1906........................ 5 fr.
FOUILLÉE (Alf.), de l'Institut. * **La Liberté et le Déterminisme**. 5e édit........ 7 fr. 50
— **Critique des systèmes de morale contemporains**. 5e édit........................ 7 fr. 50
— * **La Morale, l'Art, la Religion**, D'APRÈS GUYAU. 7e édit. augmentée........... 3 fr. 75
— **L'Avenir de la Métaphysique fondée sur l'expérience**. 2e édit........................ 5 fr.
— * **L'Évolutionnisme des idées-forces**. 4e édit........................ 7 fr. 50
— * **La Psychologie des idées-forces**. 2 vol........................ 15 fr.
— * **Tempérament et caractère**. 3e édit........................ 7 fr. 50
— **Le Mouvement positiviste et la conception sociologique du monde**. 2e édit.... 7 fr. 50
— **Le Mouvement idéaliste et la réaction contre la science positive**. 2e édit..... 7 fr. 50
— * **Psychologie du peuple français**. 4e édit........................ 7 fr. 50
— * **La France au point de vue moral**. 3e édit........................ 7 fr. 50
— * **Esquisse psychologique des peuples européens**. 4e édit........................ 10 fr.
— * **Nietzsche et l'immoralisme**. 2e édit........................ 5 fr.
— * **Le moralisme de Kant et l'amoralisme contemporain**. 1907........................ 7 fr. 50
— * **Les éléments sociologiques de la morale**. 1905........................ 7 fr. 50
— * **Morale des idées-forces**. 1908........................ 7 fr. 50
— **Le socialisme et la sociologie réformiste**. 1909........................ 7 fr. 50
FOURNIÈRE (E.). * **Les théories socialistes au XIXe siècle**. 1901........................ 7 fr. 50
FULLIQUET. **Essai sur l'Obligation morale**. 1898........................ 7 fr. 50
GAROFALO, prof. à l'Univ. de Naples. **La Criminologie**. 5e édit. refondue......... 7 fr. 50
— **La Superstition socialiste**. 1895........................ 5 fr.
GÉRARD-VARET, prof. à l'Université de Dijon. **L'Ignorance et l'Irréflexion**. 1899. 5 fr.
GLEY (Dr E.), professeur au Collège de France. **Études de psychologie physiologique et pathologique**, avec fig. 1903........................ 5 fr.
GORY (G.). **L'Immanence de la raison dans la connaissance sensible**........................ 5 fr.
GRASSET (J.), prof. à l'Univ. de Montpellier. **Demi-fous et demi-responsables**. 2e éd. 5 fr.
— **Introduction physiologique à l'Étude de la Philosophie**. *Conférences sur la physiologie du système nerveux de l'homme*. 2e édition 1910. Avec figures. 1908........ 5 fr.
GREEF (de), prof. à l'Univ. nouvelle de Bruxelles. **Le Transformisme social**...... 7 fr. 50
— **La sociologie économique**. 1904........................ 3 fr. 75
GROOS (K.), professeur à l'Université de Bâle. * **Les jeux des animaux**. 1902..... 7 fr. 50
GURNEY, MYERS et PODMORE. **Les Hallucinations télépathiques**. 4e édit....... 7 fr. 50
GUYAU (M.). * **La Morale anglaise contemporaine**. 5e édit........................ 7 fr. 50
— **Les Problèmes de l'esthétique contemporaine**. 6e édit........................ 5 fr.
— **Esquisse d'une morale sans obligation ni sanction**. 9e édit........................ 5 fr.
— **L'irréligion de l'Avenir**, étude de sociologie. 13e édit........................ 7 fr. 50
— * **L'Art au point de vue sociologique**. 8e édit........................ 7 fr. 50
— * **Éducation et Hérédité, étude sociologique**. 10e édit........................ 5 fr.

VOLUMES IN-8

HALEVY (Elie), doct. ès lettres. **Formation du radicalisme philosoph., 3 v. chacun.** 7 fr. 50
HAMELIN (O.), chargé de cours à la Sorbonne. * **Les Éléments principaux de la Représentation.** 1907 .... 7 fr. 50
HANNEQUIN, prof. à l'Univ. de Lyon. **L'hypothèse des atomes.** 2e édit. 1899... 7 fr. 50
— * **Études d'Histoire des Sciences et d'Histoire de la Philosophie,** préface de R. Thamin, introduction de M. Grosjean. 2 vol. 1908. *(Couronné par l'Institut)*.......... 15 fr.
HARTENBERG (Dr Paul). **Les Timides et la Timidité.** 3e édit. 1910.......... 5 fr.
— * **Physionomie et Caractère.** *Essai de physiognomonie scientifique.* Avec fig. 1908.. 5 fr.
HÉBERT (Marcel). **L'Évolution de la foi catholique.** 1905.......... 5 fr.
— * **Le divin.** *Expériences et hypothèses, étude psychologique.* 1907.......... 5 fr.
HÉMON (C.), agrégé de philosophie. * **La philosophie de Sully Prudhomme.** Préface de Sully Prudhomme. 1907.......... 7 fr. 50
HERBERT SPENCER. * **Les premiers Principes.** Traduct. Cazelles. 11e édit. 1907.. 10 fr.
— * **Principes de biologie.** Traduct. Cazelles. 6e édit. 1910. 2 vol.......... 20 fr.
— * **Principes de psychologie.** Trad. par MM. Ribot et Espinas. 2 vol.......... 20 fr.
— * **Principes de sociologie.** 5 vol. : Tome I. *Données de la sociologie.* 10 fr. — Tome II. *Inductions de la sociologie. Relations domestiques.* 7 fr. 50. — Tome III. *Institutions cérémonielles et politiques.* 15 fr. — Tome IV. *Institutions ecclésiastiques.* 3 fr. 75. — Tome V. *Institutions professionnelles.* 7 fr. 50.
— **Essais sur le progrès.** Trad. A. Burdeau. 5e édit.......... 7 fr. 50
— **Essais de politique.** Trad. A. Burdeau. 4e éd.......... 7 fr. 50
— **Essais scientifiques.** Trad. A. Burdeau. 3e édit.......... 7 fr. 50
— * **De l'Éducation physique, intellectuelle et morale.** 13e édit.......... 5 fr.
— **Justice.** Trad. Castelot.......... 7 fr. 50
— **Le rôle moral de la bienfaisance.** Trad. Castelot et Martin St-Léon.......... 7 fr. 50
— **La Morale des différents peuples.** Trad. Castelot et Martin St-Léon.......... 7 fr. 50
— **Problèmes de morale et de sociologie.** Trad. H. de Varigny.......... 7 fr. 50
— * **Une Autobiographie.** Trad. et adaptation par H. de Varigny.......... 10 fr.
HERMANT (F.) et VAN DE WAELE (A.). * **Les principales théories de la logique contemporaine.** (Récompensé par l'Institut). 1909.......... 5 fr.
HIRTH (G.). * **Physiologie de l'Art.** Trad. et introd. par L. Arréat.......... 5 fr.
HOFFDING, prof. à l'Univ. de Copenhague. **Esquisse d'une psychologie fondée sur l'expérience.** Trad. L. Poitevin. Préf. de Pierre Janet. 4e édit. 1909.......... 7 fr. 50
— * **Histoire de la Philosophie moderne.** Préf. de V. Delbos. 2e éd. 1908. 2 vol. chac. 10 fr.
— **Philosophes contemporains.** Trad. Tremesaygues. 2e édit. revue. 1908.......... 3 fr. 75
— * **Philosophie de la Religion.** 1908. Trad. Schlegel.......... 7 fr. 50
HUBERT (H.) et MAUSS (M.), directeurs adjoints à l'École pratique des Hautes Études. **Mélanges d'histoire des religions.** (*Travaux de l'*Année sociologique *publiés sous la direction de M. Émile Durkheim*). 1909.......... 5 fr.
IOTEYKO et STEFANOWSKA (Drs). * **Psycho-Physiologie de la Douleur.** 1908. (*Couronné par l'Institut*).......... 5 fr.
ISAMBERT (G.). **Les idées socialistes en France (1815-1848).** 1905.......... 7 fr. 50
IZOULET, prof. au Collège de France. **La Cité moderne.** 7e édition. 1908.......... 10 fr.
JACOBY (Dr P.). **Études sur la sélection chez l'homme.** 2e édition. 1904.......... 10 fr.
JANET (Paul), de l'Institut. * **Œuvres philosophiques de Leibniz.** 2e édit. 2 vol..... 20 fr.
JANET (Pierre), prof. au Collège de France. * **L'Automatisme psychologique.** 6e éd. 7 fr. 50
JASTROW (J.), prof. à l'Univ. de Wisconsin. **La Subconscience,** trad. E. Philippi, préface de P. Janet. 1908.......... 7 fr. 50
JAURÈS (J.), docteur ès lettres. **De la réalité du monde sensible.** 2e édit. 1902... 7 fr. 50
KARPPE (S.), docteur ès lettres. **Essais de critique d'histoire et de philosophie**.. 3 fr. 75
KEIM (A.), docteur ès lettres. * **Helvétius,** *sa vie, son œuvre.* 1907.......... 10 fr.
LACOMBE (P.). **Psychologie des individus et des sociétés chez Taine.** 1906...... 7 fr. 50
LALANDE (A.), maître de conférences à la Sorbonne. * **La Dissolution opposée à l'évolution,** dans les sciences physiques et morales. 1899.......... 7 fr. 50
LALO (Ch.), docteur ès lettres. * **Esthétique musicale scientifique.** 1908.......... 5 fr.
— * **L'Esthétique expérimentale contemporaine.** 1908.......... 3 fr. 75
— **Les sentiments esthétiques.** 1909.......... 5 fr.
LANDRY (A.), docteur ès lettres. * **Principes de morale rationnelle.** 1906.......... 5 fr.
LANESSAN (J.-L. de). * **La Morale des religions.** 1905.......... 10 fr.
— * **La Morale naturelle.** 1908.......... 7 fr. 50
LAPIE (P.), professeur à l'Univ. de Bordeaux. **Logique de la volonté.** 1902.......... 7 fr. 50
LAUVRIÈRE, docteur ès lettres, prof. au lycée Louis-le-Grand. **Edgar Poë.** *Sa vie et son œuvre.* 1904.......... 10 fr.
LAVELEYE (de). * **De la propriété et de ses formes primitives.** 5e édit.......... 10 fr.
— * **Le Gouvernement dans la démocratie.** 2 vol. 3e édit. 1896.......... 15 fr.
LEBLOND (M.-A.). * **L'Idéal du XIXe siècle.** 1909.......... 5 fr.
LE BON (Dr Gustave). * **Psychologie du socialisme.** 6e éd. revue. 1910.......... 7 fr. 50

VOLUMES IN-8

LECHALAS (G.). * **Études esthétiques.** 1902 .... 5 fr.
— **Étude sur l'espace et le temps.** 2e édit revue et augmentée. 1909 .... 5 fr.
LECHARTIER (G.). **David Hume, moraliste et sociologue.** 1900 .... 5 fr.
LECLÈRE (A.), prof. à l'Univ. de Berne. **Essai critique sur le droit d'affirmer** .... 5 fr.
LE DANTEC, chargé de cours à la Sorbonne. * **L'unité dans l'être vivant.** 1902 ... 7 fr. 50
— * **Les limites du connaissable,** *la vie et les phénomènes naturels.* 3e édit. 1908 .. 3 fr. 75
LÉON (Xavier). * **La philosophie de Fichte.** Préf. de E. Boutroux. 1902. (Cour. par l'Institut) .... 10 fr.
LEROY (E. Bernard). **Le Langage.** *Sa fonction normale et pathologique.* 1905 .... 5 fr.
LÉVY (A.), professeur à l'Univ. de Nancy. **La Philosophie de Feuerbach.** 1904 ..... 10 fr.
LÉVY-BRUHL (L.), professeur à la Sorbonne, * **La Philosophie de Jacobi.** 1894 .... 5 fr.
— * **Lettres de J.-S. Mill à Auguste Comte,** avec *les réponses de Comte et une introduction.* 1899 .... 10 fr.
— * **La Philosophie d'Auguste Comte.** 2e édit. 1905 .... 7 fr. 50
— * **La Morale et la Science des mœurs.** 4e édit, 1910 .... 5 fr.
— **Les fonctions mentales dans les sociétés inférieures** (*Travaux de l'Année sociologique publiés sous la direction de M. Émile Durkheim*). 1909 .... 7 fr. 50
LIARD, de l'Institut, vice-recteur de l'Acad. de Paris. * **Descartes.** 3e éd. 1911 ...... 5 fr.
— * **La Science positive et la Métaphysique.** 5e édit .... 7 fr. 50
LICHTENBERGER (H.), professeur adjoint à la Sorbonne. * **Richard Wagner, poète et penseur.** 5e édit. revue. 1911. (Couronné par l'Académie française) .... 10 fr.
— **Henri Heine penseur.** 1905 .... 3 fr. 75
LOMBROSO (César). * **L'Homme criminel.** 2e éd., 2 vol. et atlas. 1895 .... 36 fr.
— **Le Crime.** *Causes et remèdes.* 2e édit .... 10 fr.
— **L'homme de génie,** avec planches. 4e édit. 1909 .... 10 fr.
— et FERRERO. **La femme criminelle et la prostituée** .... 15 fr.
— et LASCHI. **Le Crime politique et les Révolutions.** 2 vol .... 15 fr.
LUBAC (E.), agr. de philos. * **Psychologie rationnelle.** Préf. de H. Bergson. 1904 .. 3 fr. 75
LUQUET (G.-H.), agrégé de philosophie * **Idées générales de psychologie.** 1906 .... 5 fr.
LYON (G.), recteur de l'Acad. de Lille. * **L'Idéalisme en Angleterre au XVIIIe siècle.** 7 fr. 50
— * **Enseignement et religion.** Études philosophiques .... 3 fr. 75
MALAPERT (P.), docteur ès lettres, prof. au lycée Louis-le-Grand. * **Les Éléments du caractère et leurs lois de combinaison.** 2e édit. 1906 .... 5 fr.
MARION (H.), prof. à la Sorbonne. * **De la Solidarité morale.** 6e édit. 1907 .... 5 fr.
MARTIN (Fr.). * **La Perception extérieure et la Science positive.** 1894 .... 5 fr.
MATAGRIN (Amédée). **La psychologie sociale de Gabriel Tarde.** 1909 .... 5 fr.
MAXWELL (J.). **Les Phénomènes psychiques.** Préf. du Pr Ch. Richet. 4e édit. 1909. 5 fr.
MEYERSON (E.). **Identité et Réalité.** 1908. .... 7 fr. 50
MULLER (Max), prof. à l'Univ. d'Oxford. * **Nouvelles études de mythologie.** 1898. 12 fr. 50
MYERS. **La personnalité humaine.** Trad. Jankélévitch. 3e édit. 1910 .... 7 fr. 50
NAVILLE (Ernest). * **La Logique de l'hypothèse.** 2e édit .... 5 fr.
— * **La Définition de la philosophie.** 1894 .... 5 fr.
— **Le Libre Arbitre.** 2e édit. 1898 .... 5 fr.
— **Les Philosophies négatives.** 1899 .... 5 fr.
— **Les systèmes de philosophie ou les philosophies affirmatives.** 1909 .... 7 fr. 50
NAYRAC (J.-P.). * **Physiologie et Psychologie de l'attention.** Préface de Th. Ribot. (*Récompensé par l'Institut.*) 1905 .... 3 fr. 75
NORDAU (Max). * **Dégénérescence,** 7e éd. 1909. 2 vol. Tome I. 7 fr. 50. Tome II .. 10 fr.
— **Les Mensonges conventionnels de notre civilisation.** 10e édit. 1908 .... 5 fr.
— * **Vus du dehors.** *Essais de critique sur quelques auteurs français contemp.* 1903. 5 fr.
— **Le sens de l'histoire.** Trad. Jankelevitch. 1909 .... 7 fr. 50
NOVICOW. **Les Luttes entre Sociétés humaines.** 3e édit. 1904 .... 10 fr.
— * **Les Gaspillages des sociétés modernes.** 2e édit. 1899 .... 5 fr.
— * **La Justice et l'expansion de la vie.** *Essai sur le bonheur des sociétés.* 1905 ... 7 fr. 50
— **La critique du Darwinisme social.** 1909 .... 7 fr. 50
OLDENBERG, prof. à l'Univ. de Kiel. * **Le Bouddha.** Trad. par P. Foucher, chargé de cours à la Sorbonne. Préf. de Sylvain Lévi, prof. au Collège de France. 2e édit .... 7 fr 50
— * **La religion du Véda.** Traduit par V. Henry, professeur à la Sorbonne. 1903 ... 10 fr.
OSSIP-LOURIÉ. **La philosophie russe contemporaine.** 2e édit. 1905 .... 5 fr.
— * **La Psychologie des romanciers russes au XIXe siècle.** 1905 .... 7 fr. 50
OUVRÉ (H.). * **Les Formes littéraires de la pensée grecque.** (Cour. par l'Acad. franç.) 10 fr.
PALANTE (G.), agrégé de philosophie. **Combat pour l'individu.** 1904 .... 3 fr. 75
PAULHAN. * **Les caractères.** 3e édit. revue. 1909 .... 5 fr.
— **Les Mensonges du caractère.** 1905 .... 5 fr.
— **Le Mensonge de l'Art.** 1907 .... 5 fr.

VOLUMES IN-8

PAYOT (J.), recteur de l'Académie d'Aix. **La croyance.** 3e édit. 1911 .... 5 fr.
— * **L'Éducation de la volonté.** 34e édit. 1910 .... 5 fr.
PERÈS (Jean), professeur au lycée de Caen. * **L'Art et le Réel.** 1898 .... 3 fr. 75
PÉREZ (Bernard). **Les Trois premières années de l'enfant.** 5e édit .... 5 fr.
— **L'Enfant de trois à sept ans.** 4e édit. 1907 .... 5 fr.
— **L'Éducation morale dès le berceau.** 4e édit. 1901 .... 5 fr.
— * **L'Éducation intellectuelle dès le berceau.** 2e édit. 1901 .... 5 fr.
PIAT (C.), prof. à l'Inst. cathol. **La Personne humaine.** 1898. (Couronné par l'Institut). 7 fr. 50
— * **Destinée de l'homme.** 1898 .... 5 fr.
— **La morale du bonheur.** 1909 .... 5 fr.
PICAVET (E.), chargé de cours à la Sorbonne. * **Les Idéologues.** (Cour. par l'Ac. franç.). 10 fr.
PIDERIT. **La Mimique et la Physiognomonie.** Trad. de l'allem. par M. Girot .... 5 fr.
PILLON (F.), lauréat de l'Institut. * **L'Année philosophique.** 1890 à 1909. 20 vol. Chacun (1893 et 1894 épuisés) .... 5 fr.
PIOGER (Dr J.). **La Vie et la pensée.** 1893 .... 5 fr.
— **La Vie sociale, la morale et le progrès.** 1894 .... 5 fr.
PRAT (L.), doct. ès lettres. **Le caractère empirique et la personne.** 1906 .... 7 fr. 50
PREYER, prof. à l'Université de Berlin. **Éléments de physiologie** .... 5 fr.
PROAL, conseiller à la Cour de Paris. * **La Criminalité politique.** 2e éd. 1908 .... 5 fr.
— * **Le Crime et la Peine.** 3e édit. (Couronné par l'Institut.) .... 10 fr.
— **Le Crime et le Suicide passionnels.** 1900. (Cour. par l'Ac. franç.) .... 10 fr.
RAGEOT (G.). * **Le Succès.** *Auteurs et Public.* 1906 .... 3 fr. 75
RAUH (F.), prof. adjoint à la Sorbonne. * **De la méthode dans la psychologie des sentiments.** (Couronné par l'Institut). 1899 .... 5 fr.
— * **L'Expérience morale.** 2e édition revue. 1909 (Récompensé par l'Institut) .... 3 fr. 75
RÉCEJAC, docteur ès lettres. **Les fondements de la Connaissance mystique.** 1897 .... 5 fr.
RENARD (G.), prof. au Collège de France. * **La Méthode scient. de l'histoire littéraire.** 10 fr.
RENOUVIER (Ch.), de l'Institut. * **Les Dilemmes de la métaphysique pure.** 1901 .... 5 fr.
— * **Histoire et solution des problèmes métaphysiques.** 1901 .... 7 fr. 50
— **Le personnalisme,** avec une étude sur la *perception externe et la force.* 1903 .... 10 fr.
— * **Critique de la doctrine de Kant.** 1906 .... 7 fr. 50
— * **Science de la Morale.** Nouv. édit. 2 vol. 1908 .... 15 fr.
REVAULT D'ALLONNES (G.), docteur ès lettres, agrégé de philosophie. **Psychologie d'une religion.** *Guillaume Monod (1800-1896).* 1908 .... 5 fr.
— * **Les Inclinations.** Leur rôle dans la psychologie des sentiments. 1908 .... 3 fr. 75
REY (A.), chargé de cours à l'Université de Dijon. * **La Théorie de la physique chez les physiciens contemporains.** 1907 .... 7 fr. 50
RIBERY, doct. ès lettres. **Essai de classification naturelle des caractères.** 1903. 3 fr. 75
RIBOT (Th.), de l'Institut. * **L'Hérédité psychologique.** 9e édit. 1910 .... 7 fr. 50
— * **La Psychologie anglaise contemporaine.** 3e édit. 1907 .... 7 fr. 50
— * **La Psychologie allemande contemporaine.** 7e édit. 1909 .... 7 fr. 50
— **La Psychologie des sentiments.** 7e édit. 1908 .... 7 fr. 50
— **L'Évolution des idées générales.** 3e édit. 1909 .... 5 fr.
— * **Essai sur l'Imagination créatrice.** 3e édit. 1908 .... 5 fr.
— * **La logique des sentiments.** 3e édit. 1908 .... 3 fr. 75
— * **Essai sur les passions.** 3e édit. 1910 .... 3 fr. 75
RICARDOU (A.), docteur ès lettres. * **De l'Idéal.** (Couronné par l'Institut.) .... 5 fr.
RICHARD (G.), professeur de sociologie à l'Univ. de Bordeaux. * **L'idée d'évolution dans la nature et dans l'histoire.** 1903. (Couronné par l'Institut.) .... 7 fr. 50
RIEMANN (H.), prof. à l'Univ. de Leipzig. * **Les éléments de l'Esthétique musicale.** 1906. 5 fr.
RIGNANO (E.). **La transmissibilité des caractères acquis.** 1908 .... 5 fr.
RIVAUD (A.), chargé de cours à l'Université de Poitiers. **Les notions d'essence et d'existence dans la philosophie de Spinoza.** 1906 .... 3 fr. 75
ROBERTY (E. de). **L'Ancienne et la Nouvelle Philosophie** .... 7 fr. 50
— * **La Philosophie du siècle** (positivisme, criticisme, évolutionnisme) .... 5 fr.
— * **Nouveau Programme de sociologie.** 1904 .... 5 fr.
— * **Sociologie de l'Action.** 1908 .... 7 fr. 50
RODRIGUES (G.), docteur ès lettres, agrégé de philosophie. **Le problème de l'action.** 3 fr. 75
ROMANES. * **L'Évolution mentale chez l'homme** .... 7 fr. 50
ROUSSEL-DESPIERRES (Fr.). * *Hors du scepticisme.* **Liberté et beauté.** 1907 .... 7 fr. 50
RUSSELL * **La Philosophie de Leibniz.** Trad. J. Ray. Préf. de M. Lévy-Bruhl. 1908. 3 fr. 75
RUYSSEN (Th.), prof. à l'Univ. de Bordeaux. * **L'évolution psychologique du jugement.** 5 fr.
SABATIER (A.), prof. à l'Univ. de Montpellier. **Philosophie de l'effort.** 2e édit. 1908. 7 fr. 50

VOLUMES IN-8

SAIGEY (E.). * **Les Sciences au XVIIIe siècle.** La Physique de Voltaire.............. 5 fr.
SAINT-PAUL (Dr G.). * **Le Langage intérieur et les paraphasies.** 1904............. 5 fr.
SANZ Y ESCARTIN. **L'Individu et la Réforme sociale.** Trad. Dietrich......... 7 fr. 50
SCHILLER (F.), professeur à Corpus Christi college (Université d'Oxford). * **Études sur l'humanisme**, Trad. Dr S. Jankelevitch. 1909.................................. 10 fr.
SCHINZ (A.), professeur à l'Université de Bryn Mawr (Pensylvanie). **Anti-pragmatisme.** *Examen des droits respectifs de l'aristocratie intellectuelle et de la démocratie sociale.* 5 fr.
SCHOPENHAUER. **Aphorismes sur la sagesse dans la vie.** Trad. Cantacuzène. 9e éd. 5 fr.
— * **Le Monde comme volonté et comme représentation.** 5e édit. 3 vol., chac.... 7 fr. 50
SÉAILLES (G.), professeur à la Sorbonne. **Essai sur le génie dans l'art.** 2e édit..... 5 fr.
— * **La Philosophie de Ch. Renouvier.** *Introduction au néo-criticisme.* 1905...... 7 fr. 50
SIGHELE (Scipio). **La Foule criminelle.** 2e édit. 1901.............................. 5 fr.
SOLLIER (Dr P.). **Le Problème de la mémoire.** 1900............................ 3 fr. 75
— **Psychologie de l'idiot et de l'imbécile**, avec 12 pl. hors texte. 2e édit. 1902...... 5 fr.
— **Le Mécanisme des émotions.** 1905.. 5 fr.
— **Le doute.** *Étude de psychologie affective.* 1909 .... 7 fr. 50
SOURIAU (Paul), professeur à l'Univ. de Nancy. **L'Esthétique du mouvement**....... 5 fr.
— * **La Beauté rationnelle.** 1904.. 10 fr.
— **La suggestion dans l'art.** 2e édit. 1909.................................... 5 fr.
STAPFER (P.). * **Questions esthétiques et religieuses.** 1906....................... 3 fr. 75
STEIN (L.), prof. à l'Univ. de Berne. * **La Question sociale au point de vue philosophique.** 1900.. 10 fr.
STUART MILL. * **Mes Mémoires.** Histoire de ma vie et de mes idées. 5e éd....... 5 fr.
— * **Système de Logique déductive et inductive**, 6e édit. 1909, 2 vol.............. 20 fr.
— * **Essais sur la Religion.** 4e édit. 1901.. 5 fr.
— **Lettres inédites à Aug. Comte et réponses d'Aug. Comte.** 1899............ 10 fr.
SULLY (James). **Le Pessimisme.** Trad. Bertrand. 2e édit......................... 7 fr. 50
— * **Essai sur le rire.** Trad. Léon Terrier. 1904.................................. 7 fr. 50
SULLY PRUDHOMME, de l'Acad. franç. **La vraie religion selon Pascal.** 1905.. 7 fr. 50
— **Le lien social** publié par C. Hémon... 3 fr. 75
TARDE (G.), de l'Institut. * **La Logique sociale.** 3e édit. 1904................... 7 fr. 50
— * **Les Lois de l'imitation.** 5e édit. 1907...................................... 7 fr. 50
— **L'opposition universelle.** *Essai d'une théorie des contraires.* 1897............ 7 fr. 50
— * **L'Opinion et la Foule.** 3e édit. 1910.. 5 fr.
TARDIEU (E.) * **L'Ennui.** *Étude psychologique.* 1903............................. 5 fr.
THOMAS (P.-F.), docteur ès lettres. * **Pierre Leroux, sa philosophie.** 1904.......... 5 fr.
— * **L'Éducation des sentiments.** (Couronné par l'Institut.) 5e édit. 1910......... 5 fr.
TISSERAND (P.), docteur ès lettres, professeur au lycée Charlemagne. * **L'anthropologie de Maine de Biran.** 1909.. 10 fr.
UDINE (Jean d'). **L'art et le geste.** 1909.. 5 fr.
VACHEROT (Et.), de l'Institut. * **Essais de philosophie critique**................ 7 fr. 50
— **La Religion**.. 7 fr. 50
WAYNBAUM (Dr I.). **La physionomie humaine.** 1907................................ 5 fr.
WEBER (L.). * **Vers le positivisme absolu par l'idéalisme.** 1903................. 7 fr. 50

BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

TRAVAUX DE L'ANNÉE SOCIOLOGIQUE

Publiés sous la direction de M. Émile DURKHEIM

ANNÉE SOCIOLOGIQUE, 11 volumes parus, voir détail pages 7 et 8.
BOUGLÉ (C.), chargé de cours à la Sorbonne. **Essais sur le régime des Castes**, 1 vol. in-8. 1908.. 5 fr.
HUBERT (H.) et MAUSS (M.), directeurs adjoints à l'École des Hautes Études. **Mélanges d'histoire des religions**, 1 vol. in-8. 1909.. 5 fr.
LEVY-BRUHL (L.), professeur à la Sorbonne. **Les fonctions mentales dans les sociétés inférieures.** 1 vol. in-8. 1910... 7 fr. 50

COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES

PHILOSOPHIE ANCIENNE

ARISTOTE. **La Poétique d'Aristote**, par A. HATZFELD, et M. DUFOUR. 1 vol. in-8, 1900........................... 6 fr.

— **Physique, II**, trad. et commentaire par O. HAMELIN, chargé de cours à la Sorbonne. 1 vol. in-8................ 3 fr.

— **Aristote et l'idéalisme platonicien**, par CH. WERNER, docteur ès lettres. 1910. 1 vol. in-8.................. 7 fr. 50

— **La morale d'Aristote**, par Mme JULES FAVRE, née VELTEN, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

— **Morale à Nicomaque. Livre II.** Trad. de P. D'HÉROUVILLE et H. VERNE. Introd. et notes de P. D'HÉROUVILLE. 1910. Brochure in-8........................ 1 fr. 80

ÉPICURE. * **La Morale d'Épicure**, par M. GUYAU. 1 vol. in-8, 5e édit...... 7 fr. 50

MARC-AURÈLE. **Les pensées de Marc-Aurèle.** Trad. A.-P. LEMERCIER, doyen de l'Univ. de Caen. 1909. 1 vol. in-16. 3 fr. 50

PLATON. **La Théorie platonicienne des Sciences**, par ÉLIE HALÉVY. In-8. 1895. 5 fr.

— **Œuvres**, traduction VICTOR COUSIN revue par J. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE : *Socrate et Platon* ou *le Platonisme* — *Eutyphron* — *Apologie de Socrate* — *Criton* — *Phédon*. 1 v. in-8. 1896. 7 fr. 50

— **La définition de l'être et la nature des idées dans le Sophiste de Platon**, par A. DIÈS, docteur ès lettres, 1 vol. in-8 1909........................... 4 fr.

SOCRATE. * **Philosophie de Socrate**, par A. FOUILLÉE, de l'Institut. 2 vol. in-8. 16 fr.

— **Le Procès de Socrate**, par G. SOREL. 1 vol. in-8.................. 3 fr. 50

— **La morale de Socrate**, par Mme JULES FAVRE, née VELTEN, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

STRATON DE LAMPSAQUE. * **La Physique de Straton de Lampsaque**, par G. RODIER, prof. à la Sorbonne. 1 vol. in-8.... 3 fr.

BÉNARD. **La Philosophie ancienne**, ses systèmes. 1 vol. in-8.............. 9 fr.

DIES (A.), docteur ès lettres. **Le cycle mystique.** *La divinité. Origine et fin des existences individuelles dans la philosophie antésocratique*, 1909. 1 vol. in-8.. 4 fr.

FABRE (Joseph). **La Pensée antique.** *De Moïse à Marc-Aurèle*. 3e édit..... 5 fr.

— * **La Pensée chrétienne.** *Des Evangiles à l'Imitation de J.-C.* 1 vol. in-8..... 9 fr.

GOMPERZ. **Les penseurs de la Grèce.** Trad. REYMOND. (*Trad. cour. par l'Académie française.*)

I. *La philosophie antésocratique.* 1 vol. gr. in-8, 2e édit................. 10 fr.

II. * *Athènes, Socrate et les Socratiques, Platon.* 1 vol. gr. in-8, 2e édit.... 12 fr.

III. *L'ancienne académie. Aristote et ses successeurs : Théophraste et Straton de Lampsaque.* 1910. 1 vol, gr. in-8. 10 fr.

GUYOT (H.), docteur ès lettres. **L'Infinité divine** *depuis Philon le Juif jusqu'à Plotin*. In-8. 1906............... 5 fr.

LAFONTAINE (A.). **Le Plaisir**, *d'après Platon et Aristote*. 1 vol. in-8..... 6 fr.

MILHAUD (G.). prof. à la Sorbonne. * **Les philosophes géomètres de la Grèce.** In-8, 1900 (*Couronné par l'Institut*). 6 fr.

— **Études sur la pensée scientifique chez les Grecs et chez les modernes.** 1906. 1 vol. in-16...................... 3 fr.

— **Nouvelles études sur l'histoire de la pensée scientifique.** 1911. 1 vol. in-8. 5 fr.

OUVRÉ (H.). **Les formes littéraires de la pensée grecque.** 1 vol. in-8....... 10 fr.

RIVAUD (A.), chargé de cours à l'Université de Poitiers. **Le problème du devenir et la notion de la matière**, *des origines jusqu'à Théophraste*. (*Couronné par l'Académie française.*) In-8, 1906. 10 fr.

ROBIN (L.), chargé de cours à l'Université de Caen. **La théorie platonicienne des idées et des nombres d'après Aristote.** Etude historique et critique. In-8. (*Récomp. par l'Institut*)........ 12 fr. 50

— **La théorie platonicienne de l'Amour.** 1 vol. in-8.................. 3 fr. 75

(Ces deux volumes ont été couronnés par l'Institut et par l'Association pour l'encouragement des Etudes grecques.)

TANNERY (Paul). **Pour la science hellène.** 1 vol. in-8...................... 7 fr. 50

PHILOSOPHIES MÉDIÉVALE ET MODERNE

* DESCARTES, par L. LIARD, de l'Institut, 2e édit. 1 vol. in-8.............. 5 fr.

— **Essai sur l'Esthétique de Descartes**, par par E. KRANTZ, prof. à l'Univ. de Nancy. 1 vol. in-8......................... 6 fr.

— **Descartes, directeur spirituel**, par V. de SWARTE. In-16 avec planches. (*Cour. par l'Institut*)..................... 4 fr. 50

— **Le système de Descartes**, par O. HAMELIN. Publié par *L. Robin*. Préface de *E. Durkheim*. 1911. 1 vol. in-8.. 7 fr. 50

ERASME. **Stultitiæ laus des Erasmi Rot. declamatio.** Publié et annoté par J.-B. Kan, avec fig. de Holbein. 1 vol. in-8. 6 fr. 75

GASSENDI. **La Philosophie de Gassendi**, par P.-F. THOMAS. 1 vol. in-8...... 6 fr.

LEIBNIZ. * **Œuvres philosophiques**, pub. par P. JANET. 2 vol. in-8....... 20 fr.

— * **La logique de Leibniz**, par L. COUTURAT. 1 vol. in-8................. 12 fr.

— **Opusc. et fragm. inédits de Leibniz**, par L. COUTURAT. 1 vol. in-8......... 25 fr.

— * **Leibniz et l'organisation religieuse de la Terre**, *d'après des documents inédits*, par JEAN BARUZI. 1 vol. in-8 (*Couronné par l'Académie française*)...... 10 fr.

— **La philosophie de Leibniz**, par B. RUSSELL, trad. par M. Ray, préface de M. Lévy-Bruhl. 1 vol. in-8. (*Cour. par l'Acad. franç.*)................ 3 fr. 75

— **Discours de la métaphysique**, introduction et notes par H. LESTIENNE. 1 vol. in-8.......................... 2 fr.

— **Leibniz historien.** *Essai sur l'activité et la méthode historique de Leibniz*, par L. DAVILLÉ, docteur ès lettres. 1 vol. in-8 1909......................... 12 fr.

MALEBRANCHE. * **La Philosophie de Malebranche**, par OLLÉ-LAPRUNE, de l'Institut. 2 vol. in-8........................ 16 fr.

PASCAL. **Le Scepticisme de Pascal**, par DROZ, professeur à l'Université de Besançon. 1 vol. in-8........................ 6 fr.

ROSCELIN. **Roscelin philosophe et théologien**, d'après la légende et d'après l'histoire, sa place dans l'histoire générale et comparée des philosophies médiévales, par F. PICAVET, chargé de cours à la Sorbonne. 1911. 1 vol. gr. in-8............. 4 fr.

ROUSSEAU (J.-J.). * **Du Contrat social**, avec les versions primitives; Introduction par Edmond Dreyfus-Brisac. 1 fort volume grand in-8.................... 12 fr.

SAINT-THOMAS-D'AQUIN. **L'Intellectualisme de Saint-Thomas**, par P. Rousselot, docteur ès lettres. 1908. 1 vol. in-8.. 6 fr.

— **Thesaurus philosophiæ thomisticæ** seu selecti textus philosophici ex sancti Thomæ aquinatis operibus deprompti et secundum ordinem in scholis hodie usurpatum dispositi, par G. Bulliat, docteur en théologie et en droit canon. 1 vol. gr. in-8. 6 fr. 50

— **L'idée de l'État dans Saint-Thomas-d'Aquin**, par J. Zeiller. 1 v. in-8. 3 fr. 50

SPINOZA. **Benedicti de Spinosa opera**, quotquot reperta sunt. Edition J. Van Vloten et J.-P.-N. Land. 3 vol. in-18, cartonnés.......................... 18 fr.

— **Ethica** ordine geometrico demonstrata, édition J. Van Vloten et J.-P.-N. Land. 1 vol. gr. in-8............... 4 fr. 30

— **Sa Philosophie**, par L. Brunschvicg, maître de conférences à la Sorbonne. 2e édit. 1 vol. in-8............. 3 fr. 75

VOLTAIRE. **Les Sciences au XVIIIe siècle.** Voltaire physicien, par Em. Saigey. 1 vol. in-8.............................. 5 fr.

DAMIRON. **Mémoires pour servir à l'Histoire de la Philosophie au XVIIIe siècle.** 3 vol. in-18...................... 15 fr.

FABRE (Joseph). * **L'Imitation de Jésus-Christ.** Trad. nouvelle avec préface. 1 vol. in-8. 1907.................. 7 fr.

— * **La pensée moderne.** *De Luther à Leibniz.* 1 vol. in-8. 1908............ 8 fr.

— **Les pères de la Révolution.** *De Bayle à Condorcet.* 1 vol. in-8. 1909..... 10 fr.

FIGARD (L.), docteur ès lettres. **Un Médecin philosophe au XVIe siècle.** *La psychologie de Jean Fernel.* 1 vol. in-8. 1903......................... 7 fr. 50

PICAVET, chargé de cours à la Sorbonne. **Histoire générale et comparée des philosophies médiévales.** In-8. 2e éd.............................. 7 fr. 50

WULF (M. de). **Histoire de la philosophie médiévale.** 2e éd. 1 vol. in-8..... 10 fr.

— **Introduction à la Philosophie néo-scolastique.** 1904. 1 vol. gr. in-8..... 5 fr.

PHILOSOPHIE ANGLAISE

BERKELEY. **Œuvres choisies.** *Nouvelle théorie de la vision. Dialogues d'Hylas et de Philonoüs.* Trad. par MM. Beaulavon et Parodi. 1 vol. in-8............ 5 fr.

— **Le Journal philosophique de Berkeley.** (*Commonplace Book*). Etude et traduction par R. Gourg, docteur ès lettres. 1 vol. gr. in-8............................ 4 fr.

GODWIN. **William Godwin (1756-1836).** Sa vie, ses œuvres principales. *La « Justice politique »*, par R. Gourg, docteur ès lettres. 1 vol. in-8..................... 6 fr.

HOBBES. **La philosophie de Hobbes**, par G. Lyon, recteur de l'Académie de Lille. 1 vol. in-16................... 2 fr. 50

LOCKE. * **La Philosophie générale de John Locke**, par H. Ollion, docteur ès lettres. 1909. 1 vol. in-8.............. 7 fr. 50

NEWTON. **La philosophie de Newton**, par L. Bloch, docteur ès lettres. 1908. 1 vol. in-8............................ 10 fr.

DUGALD-STEWART. * **Philosophie de l'esprit humain.** 3 vol. in-12...... 9 fr.

LYON (G.), recteur de l'Académie de Lille. * **L'idéalisme en Angleterre au XVIIIe siècle.** 1 vol. in-8................. 7 fr. 50

PHILOSOPHIE ALLEMANDE

BÉGUELIN. **Nicolas de Béguelin (1714-1789).** Fragment de l'histoire des idées philosophiques en Allemagne dans la seconde moitié du XVIIIe siècle, par P. Dumont. 1 vol. gr. in-8.................. 4 fr.

FEUERBACH. **Sa Philosophie**, par A. Lévy, prof. à l'Univ. de Nancy. 1 vol. in-8. 10 fr.

HEGEL. * **Logique.** 2 vol. in-8...... 14 fr.

— * **Philosophie de la Nature.** 3 v. in-8. 25 fr.

— * **Philosophie de l'Esprit.** 2 vol. in-8.............................. 18 fr.

— * **Philosophie de la Religion.** 2 vol. 20 fr.

— **La Poétique.** 2 vol. in-8........ 12 fr.

— **Esthétique.** 2 vol. in-8......... 16 fr.

— **Antécédents de l'Hégélianisme dans la philosophie française**, par E. Beaussire. 1 vol. in-18................ 2 fr. 50

— **Introduction à la Philosophie de Hegel**, par Véra. 1 vol. in-8......... 6 fr. 50

— * **La Logique de Hegel**, par Eug. Noel. 1 vol. in-8...................... 3 fr.

HERBART. * **Principales Œuvres pédagogiques**, trad. Pinloche. In-8.... 7 fr. 50

— **La Métaphysique de Herbart et la critique de Kant**, par M. Mauxion, prof. à l'Univ. de Poitiers. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

— **L'Éducation par l'Instruction** *et Herbart*, par *le même*. 2e éd. 1 v. in-16. 1906. 2 fr. 50

JACOBI. **Sa Philosophie**, par L. Lévy-Bruhl. 1 vol. in-8....................... 5 fr.

KANT. **Critique de la Raison pratique**, trad., introd. et notes, par M. Picavet, 3e édit., 1 vol. in-8................ 6 fr.

— * **Critique de la Raison pure**, traduction par MM. Pacaud et Tremesaygues. 2e éd., in-8............................ 12 fr.

— **Éclaircissements sur la Critique de la Raison pure**, trad. Tissot, 1 vol. in-8. 6 fr.

— **Doctrine de la Vertu**, traduction Barni. 1 vol. in-8...................... 8 fr.

— * **Mélanges de Logique**, traduction Tissot, 1 vol. in-8....................... 6 fr.

— * **Essai sur l'Esthétique de Kant**, par V. Basch. 1 vol. in-8............ 10 fr.

— **Sa Morale**, par A. Cresson. 2e édit., 1 vol. in-16........................ 2 fr. 50

— **Sa philosophie pratique**, par V. Delbos. 1 vol. in-8................... 12 fr. 50

— **L'Idée ou Critique du Kantisme**, par C. Piat. 2e édit. 1 vol. in-8....... 6 fr.

KANT et FICHTE **et le Problème de l'Éducation**, par Paul Duproix, 1 vol. in-8. 1896................................ 5 fr.

KNUTZEN. * **Martin Knutzen.** *La Critique de l'Harmonie préétablie*, par Van Biéma, docteur ès lettres. 1908. 1 vol. in-8. 3 fr.

SCHELLING. **Bruno**, ou du Principe divin. 1 vol. in-8.................... 3 fr. 50

SCHILLER. Sa Poétique, par V. Basch, prof. adj. à la Sorbonne. 1 vol. in-8. 1902. 4 fr.

SCHLEIERMACHER. Sa philosophie religieuse, par E. Cramaussel, doct. ès lettres, agrégé de phil. 1 vol. in-8. 1909... 5 fr.

SCHOPENHAUER (A.). Le Monde comme Volonté et comme Représentation. Trad. par A. Burdeau, 5e édit., 3 volumes in-8. Chaque volume.................. 7 fr. 50

— **Essai sur le Libre Arbitre.** Trad. et introd. par Salomon Reinach, 11e édition. 1 vol. in-16...................... 2 fr. 50

— **Le Fondement de la Morale.** Trad. par A. Burdeau. 10e édit. 1 vol. in-16. 2 fr. 50

— **Pensées et Fragments.** *Vie et Correspondance. — Les Douleurs du Monde. — L'Amour. — La Mort. — L'Art et la Morale.* Traduit par J. Bourdeau, 23e édition. 1 vol. in-16................ 2 fr. 50

Parerga et Paralipomena.

— **Aphorismes sur la Sagesse dans la Vie.** Traduit par M. Cantacuzène. 9e édit. 1 vol. in-8................................ 5 fr.

— **Ecrivains et Style.** Trad., introd. et notes par A. Dietrich. 1 vol. in-16, 2e éd. 2 fr. 50

SCHOPENHAUER. (Suite des *Parerga et Paralipomena.*)

— **Sur la Religion.** Trad., introd. et notes de A. Dietrich. 1 vol. in-16, 2e édit. 2 fr. 50

— **Philosophie et Philosophes.** Trad., introd. et notes par A. Dietrich. 1 v. in-16. 2 fr. 50

— **Ethique, Droit et Politique.** Trad., introd. et notes par A. Dietrich. 1 v. in-16. 2 fr. 50

— **Métaphysique et Esthétique.** Trad., introd. et notes par A. Dietrich. 1 v. in-16. 2 fr. 50

— **La Philosophie de Schopenhauer**, par Th. Ribot, 12e éd., 1 vol. in-16. 2 fr. 50

— **L'Optimisme de Schopenhauer.** *Etude sur Schopenhauer*, par S. Rzewuski. 1 vol. in-16........................... 2 fr. 50

STRAUSS (David-Frédéric). Sa vie et son œuvre, par A. Lévy, prof. de littérature allemande à l'Université de Nancy. 1 vol. in-8. 1910.................. 5 fr.

DELACROIX (H.), maître de conférences à la Sorbonne. **Essai sur le Mysticisme spéculatif en Allemagne au XIVe siècle**, 1 vol. in-8. 1900.................. 5 fr.

VAN BIÉMA (E.), docteur ès lettres, agrégé de philosophie. * **L'Espace et le Temps chez Leibniz et chez Kant.** 1908. 1 vol. in-8. 6 fr.

LES GRANDS PHILOSOPHES

Publiés sous la direction de M. C. PIAT

Agrégé de philosophie, docteur ès lettres, professeur à l'Institut catholique de Paris.

Liste des volumes par ordre d'apparition.

* **Kant**, par M. Ruyssen, professeur à l'Université de Bordeaux. 2e édition. 1 vol. in-8. (*Couronné par l'Institut*)................................ 7 fr. 50
* **Socrate**, par C. Piat. 1 vol. in-8.................................. 5 fr.
* **Avicenne**, par le baron Carra de Vaux. 1 vol. in-8.................. 5 fr.
* **Saint Augustin**, par Jules Martin 2e édition. 1 vol. in-8........ 7 fr. 50
* **Malebranche**, par Henri Joly, de l'Institut. 1 vol. in-8............ 5 fr.
* **Pascal**, par A. Hatzfeld. 1 vol. in-8............................... 5 fr.
* **Saint Anselme**, par le Cte Domet de Vorges. 1 vol. in-8............ 5 fr.
Spinoza, par P.-L. Couchoud, agrégé de l'Université. 1 vol. in-8. (*Couronné par l'Académie française*).. 5 fr.
Aristote, par C. Piat. 1 vol. in-8.................................. 5 fr.
Gazali, par le baron Carra de Vaux. 1 vol. in-8. (*Couronné par l'Académie française*). 5 fr.
* **Maine de Biran**, par Marius Couailhac. 1 vol. in-8. (*Récompensé par l'Institut*). 7 fr. 50
* **Platon**, par C. Piat. 1 vol. in-8................................ 7 fr. 50
Montaigne, par F. Strowski, professeur à l'Université de Bordeaux. 1 vol. in-8...... 6 fr.
Philon, par Jules Martin. 1 vol. in-8............................... 5 fr.
Rosmini, par J. Palhoriès, docteur ès lettres. 1 vol. in-8.......... 7 fr. 50
Saint-Thomas d'Aquin, par A. D. Sertillanges. professeur à l'Institut catholique de Paris. 2 volumes in-8....................................... 12 fr.
Epicure, par E. Joyau, professeur à l'Université de Clermont-Ferrand. 1 vol. in-8... 5 fr.
Chrysippe, par E. Bréhier, maître de conférences à l'Université de Rennes. 1 vol. in-8 (*Récompensé par l'Institut*)........................ 5 fr.

LES MAITRES DE LA MUSIQUE

Études d'Histoire et d'Esthétique, publiées sous la direction de **M. JEAN CHANTAVOINE**

Chaque volume in-8 écu de 250 pages environ.................. 3 fr. 50

Collection honorée d'une souscription du Ministère des Beaux-Arts.

Viennent de paraître :

L'art grégorien, par Amédée Gastoué.
Lulli, par Lionel de la Laurencie.
Haendel, par Romain Rolland (*2e édit.*).
Liszt, par Jean Chantavoine (*2e édit.*).
Gounod, par Camille Bellaigue (*2e édit.*).

Précédemment parus :

Gluck, par Julien Tiersot.
Wagner, par Henri Lichtenberger (*3e édit.*).
Trouvères et Troubadours, par Pierre Aubry (*2e édit.*).
* **Haydn**, par Michel Brenet (*2e édit.*).
* **Rameau**, par Louis Laloy (*2e édit*).
* **Moussorgsky**, par M.-D. Calvocoressi.
* **J.-S. Bach**, par André Pirro (*3e édit.*).
* **César Franck**, par Vincent d'Indy (*5e édit.*).
* **Palestrina**, par Michel Brenet (*3e édit.*).
* **Beethoven**, par Jean Chantavoine (*5e édit.*).
* **Mendelssohn**, par Camille Bellaigue (*2e édit.*).
* **Smetana**, par William Ritter.

BIBLIOTHÈQUE GÉNÉRALE

DES

SCIENCES SOCIALES

Secrét. de la Rédaction : **DICK MAY, Secrét. général de l'École des Hautes-Études Sociales.**

Chaque volume in-8 de 300 pages environ, cartonné à l'anglaise............ 6 fr.

1. **L'Individualisation de la peine**, par R. SALEILLES, professeur à la Faculté de droit de l'Université de Paris, 2e édit. mise au point par G. MORIN, docteur en droit.
2. **L'Idéalisme social**, par Eug. FOURNIÈRE, prof. au Conservatoire des Arts et Métiers. 2e éd.
3. * **Ouvriers du temps passé** (XVe et XVIe siècles), par H. HAUSER, professeur à l'Université de Dijon. 3e édit.
4. * **Les Transformations du pouvoir**, par G. TARDE, de l'Institut. 2e édit.
5. * **Morale sociale**, par MM. G. BELOT, MARCEL BERNÈS, BRUNSCHVIGG, F. BUISSON, DARLU, DAURIAC, DELBET, CH. GIDE, M. KOVALEVSKY, MALAPERT, le R. P. MAUMUS, DE ROBERTY, G. SOREL, le Pasteur WAGNER. Préf. d'E. Boutroux, de l'Institut. 2e éd.
6. * **Les Enquêtes**, pratique et théorie, par P. DU MAROUSSEM. (*Couronné par l'Institut.*)
7. * **Questions de Morale**, par MM. BELOT, BERNÈS, F. BUISSON, A. CROISET, DARLU, DELBOS, FOURNIÈRE, MALAPERT, MOCH, PARODI, G. SOREL. 2e édit.
8. **Le Développement du catholicisme social** depuis l'encyclique *Rerum novarum*, par Max TURMANN, professeur à la Faculté de droit de l'Université de Fribourg. 2e édit.
9. **Le Socialisme sans doctrine.** *La Question ouvrière et la Question agraire en Australie et en Nouvelle-Zélande*, par Albert MÉTIN, agrégé de l'Université, 2e édit.
10. * **Assistance sociale.** *Pauvres et Mendiants*, par Paul STRAUSS, sénateur.
11. * **L'Éducation morale dans l'Université**, par MM. LÉVY-BRUHL, DARLU, M. BERNÈS, KORTZ, CLAIRIN, ROCAFORT, BIOCHE, Ph. GIDEL, MALAPERT, BELOT.
12. * **La Méthode historique appliquée aux sciences sociales**, par Charles SEIGNOBOS, professeur à la Sorbonne. 2e édit.
13. * **L'hygiène sociale**, par E. DUCLAUX, de l'Institut, directeur de l'Institut Pasteur.
14. **Le Contrat de travail.** *Le rôle des syndicats professionnels*, par P. BUREAU, professeur à la Faculté libre de droit de Paris.
15. * **Essai d'une philosophie de la solidarité**, par MM. DARLU, RAUH, F. BUISSON, GIDE, X. LÉON, LA FONTAINE, E. BOUTROUX. 2e édit.
16. * **L'Exode rural et le retour aux champs**, par E. VANDERVELDE. 2e édit.
17. * **L'Éducation de la démocratie**, par MM. E. LAVISSE, A. CROISET, Ch. SEIGNOBOS, P. MALAPERT, G. LANSON, J. HADAMARD. 2e édit.
18. * **La lutte pour l'existence et l'évolution des sociétés**, par J.-L. de LANESSAN.
19. * **La Concurrence sociale et les devoirs sociaux**, par le MÊME.
20. * **L'Individualisme anarchiste. Max Stirner**, par V. BASCH, professeur à la Sorbonne.
21. * **La Démocratie devant la science**, par C. BOUGLÉ, chargé de cours à la Sorbonne. 2e édit. revue. (*Récompensé par l'Institut.*)
22. * **Les Applications sociales de la solidarité**, par MM. P. BUDIN, Ch. GIDE, H. MONOD, PAULET, ROBIN, SIEGFRIED, BROUARDEL. Préface de M. Léon Bourgeois.
23. **La Paix et l'Enseignement pacifiste**, par MM. Fr. PASSY, Ch. RICHET, d'ESTOURNELLES DE CONSTANT, E. BOURGEOIS, A. WEISS, H. LA FONTAINE, G. LYON.
24. * **Études sur la philosophie morale au XIXe siècle**, par MM. BELOT, DARLU, M. BERNÈS, A. LANDRY, GIDE, ROBERTY, ALLIER, H. LICHTENBERGER, L. BRUNSCHVICG.

25. * **Enseignement et Démocratie**, par MM. APPELL, J. BOITEL, A. CROISET, A. DEVINAT, Ch.-V. LANGLOIS, G. LANSON, A. MILLERAND, Ch. SEIGNOBOS.
26. * **Religions et Sociétés**, par MM. Th. REINACH, A. PUECH, R. ALLIER, A. LEROY-BEAULIEU, le baron CARRA de VAUX, H. DREYFUS.
27. * **Essais socialistes.** *La religion, l'art, l'alcool*, par E. VANDERVELDE.
28. * **Le surpeuplement et les habitations à bon marché**, par H. TUROT, conseiller municipal de Paris, et H. BELLAMY.
29. * **L'Individu, l'Association et l'État**, par E. FOURNIÈRE.
30. * **Les Trusts et les Syndicats de producteurs**, par J. CHASTIN, professeur au lycée Voltaire. (*Récompensé par l'Institut.*)
31. * **Le droit de grève**, par MM. Ch. GIDE, H. BARTHÉLEMY, P. BUREAU, A. KEUFER, C. PERREAU, Ch. PICQUENARD, A.-E. SAYOUS, F. FAGNOT, E. VANDERVELDE.
32. * **Morales et Religions**, par R. ALLIER, G. BELOT, le Baron CARRA DE VAUX, F. CHALLAYE, A. CROISET, L. DORIZON, E. EHRHARDT, E. de FAYE, Ad. LODS, W. MONOD, A. PUECH.
33. **La Nation armée**, par MM. le Général BAZAINE-HAYTER, C. BOUGLÉ, E. BOURGEOIS, le Cne BOURGUET, E. BOUTROUX, A. CROISET, G. DEMENY, G. LANSON, L. PINEAU, le Cne POTEZ, F. RAUH.
34. * **La criminalité dans l'adolescence.** *Causes et remèdes d'un mal social actuel*, par G.-L. DUPRAT, docteur ès lettres. (*Couronné par l'Institut.*)
35. **Médecine et pédagogie**, par MM. le Dr ALBERT MATHIEU, le Dr GILLET, le Dr H. MÉRY, le Dr GRANJUX, P. MALAPERT, le Dr LUCIEN BUTTE, le Dr PIERRE RÉGNIER, le Dr L. DUFESTEL, le Dr LOUIS GUINON, le Dr NOBÉCOURT, L. BOUGIER. Préface de M. le Dr E. MOSNY.
36. **La lutte contre le crime**, par J.-L. DE LANESSAN.
37. **La Belgique et le Congo**, *Le passé, le présent, l'avenir*, par E. VANDERVELDE.

PUBLICATIONS HISTORIQUES ILLUSTRÉES

* **DE SAINT-LOUIS A TRIPOLI, PAR LE LAC TCHAD**, par le lieutenant-colonel MONTHEIL. 1 beau vol. in-8 colombier, précédé d'une préface de M. de Vogüé, de l'Académie française, illustrations de Riou. 1895. (*Ouvrage couronné par l'Académie française. Prix Monthyon*), broché, 20 fr — Relié amateur........ 28 fr.

* **HISTOIRE ILLUSTRÉE DU SECOND EMPIRE**, par Taxile DELORD. 6 vol in-8, avec 500 gravures. Chaque vol. broché........ 8 fr.

MINISTRES ET HOMMES D'ÉTAT

H. VELSCHINGER, de l'Institut. — * **Bismarck**. 1 vol. in-16........ 2 fr. 50
H. LÉONARDON. — * **Prim**. 1 vol. in-16........ 2 fr. 50
M. COURCELLE. — * **Disraëli**. 1 vol. in-16........ 2 fr. 50
M. COURANT. — **Okoubo**. 1 vol. in-16 avec un portrait........ 2 fr. 50
A. VIALLATE. — **Chamberlain**. Préface de E. BOUTMY. 1 vol. in-16........ 2 fr. 50

BIBLIOTHÈQUE DE PHILOLOGIE ET DE LITTÉRATURE MODERNES

Liste des volumes par ordre d'apparition :

SCHILLER (Études sur), par MM. SCHMIDT, FAUCONNET, ANDLER, XAVIER LÉON, SPENLÉ, BALDENSPERGER, DRESCH, TIBAL, EHRHARD, Mme TALAYRACH D'ECKARDT, H. LICHTENBERGER, A. LÉVY. 1 vol. in-8. 1906........ 4 fr.

CHAUCER (G.). * **Les contes de Canterbury.** Traduction française avec une introduction et des notes. 1 vol. grand in-8. 1908........ 12 fr.

MEYER (André). **Étude critique sur les relations d'Érasme et de Luther.** Préface de M. CH. ANDLER. 1 vol. in-8. 1909........ 4 fr.

FRANÇOIS PONCET (A.). **Les affinités électives de Gœthe.** Préface de M. H. LICHTENBERGER. 1 vol. in-8. 1910........ 5 fr.

BIANQUIS (G.), docteur ès lettres, agrégé d'allemand. **Caroline de Günderode (1780-1806), avec des lettres inédites.** 1910. 1 vol. in-8........ 10 fr.

BIBLIOTHÈQUE
D'HISTOIRE CONTEMPORAINE

Volumes in-16 brochés à 3 fr. 50. — Volumes in-8 brochés de divers prix.

Volumes parus en 1910 :

ALBIN (P.). **Les grands traités politiques.** *Recueil des principaux textes diplomatiques depuis 1815 jusqu'à nos jours.* Avec des commentaires et des notes. Préface de M. Herbette. 1 vol. in-8 ... 10 fr.

BUSSON (H.), FÈVRE (J.) et HAUSER (H.). **Notre empire colonial.** 1 vol. in-8 avec 108 grav. et cartes dans le texte ... 5 fr.

CONARD (P.), docteur ès lettres. **Napoléon et la Catalogne (1808-1814).** Tome I. *La captivité de Barcelone.* (*Février 1808-Janvier 1810*). 1 vol. in-8 avec 1 carte hors texte. (Prix Peyrat, 1910) ... 10 fr.

LEBÈGUE (E.), doct. ès lettres, agrégé d'histoire. **Thouret (1746-1794).** *La vie et l'œuvre d'un constituant.* 1 vol. in-8 ... 7 fr.

MARVAUD (A.). **La question sociale en Espagne.** 1 vol. in-8 ... 7 fr.

PAUL-LOUIS. **Le syndicalisme contre l'État.** 1 vol. in-16 ... 3 fr. 50

PERNOT (M.). **La politique de Pie X (1906-1910).** *Modernistes, Affaires de France. Catholiques d'Allemagne et d'Italie. Réformes romaines. La correspondance de Rome et de la France.* Préface de M. E. Boutroux, de l'Institut. 1 vol. in-16 ... 3 fr. 50

PIERRE-MARCEL (R.). **Essai politique sur Alexis de Tocqueville,** avec un grand nombre de documents inédits. 1 vol. in-8 ... 7 fr.

Questions actuelles de politique étrangère en Asie. *L'Asie ottomane. Les compétitions dans l'Asie centrale et les réactions indigènes. La transformation de la Chine. La politique et les aspirations du Japon. La France et la situation politique en Extrême-Orient,* par MM. le Baron de Courcel, P. Deschanel, P. Doumer, E. Etienne, le général Lebon, Victor Bérard, R. de Caix, M. Revon, Jean Rodes, Dr Rouire, 1 vol. in-16, avec 4 cartes hors texte ... 3 fr. 50

La vie politique dans les Deux Mondes. Publiée sous la direction de M. A. Viallate, professeur à l'Ecole libre des Sciences politiques, avec la collaboration de professeurs et d'anciens élèves de l'Ecole.
3e année (1908-1909). 1 fort vol. in-8 ... 10 fr.

Précédemment publiés :

EUROPE

DEBIDOUR (A.), professeur à la Sorbonne. * **Histoire diplomatique de l'Europe, de 1815 à 1878.** 2 vol. in-8. (*Ouvrage couronné par l'Institut.*) ... 18 fr.

DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. * **Vue générale de l'histoire de la civilisation.** I. *Les origines.* II. *Les temps modernes.* 3e édition revue, 1910. 2 vol. in-16 avec 218 gravures et 34 cartes. (*Récompensés par l'Institut.*) ... 7 fr.

DOELLINGER (I. de). **La papauté,** ses origines au moyen âge, son influence jusqu'en 1870. Traduit par A. Giraud-Teulon. 1904. 1 vol. in-8 ... 7 fr.

LÉMONON (E.). **L'Europe et la politique britannique (1882-1909).** Préface de M. Paul Deschanel, de l'Académie française. 1 vol. in-8 ... 10 fr.

SYBEL (H. de). * **Histoire de l'Europe pendant la Révolution française,** traduit de l'allemand par Mlle Dosquet. Ouvrage complet en 6 vol. in-8 ... 42 fr.

TARDIEU (A.), secrétaire honoraire d'ambassade. **La Conférence d'Algésiras.** *Histoire diplomatique de la crise marocaine* (15 janvier-7 avril 1906). 3e édit revue et augmentée d'un appendice sur *Le Maroc après la Conférence* (*1906-1909*). 1 vol. in-8. 1909 ... 10 fr.

— * **Questions diplomatiques de l'année 1904.** 1 vol. in-16. (*Ouvrage couronné par l'Académie française.*) 1905 ... 3 fr. 50

FRANCE

Révolution et Empire.

AULARD (A.), professeur à la Sorbonne. * **Le Culte de la Raison et le Culte de l'Être suprême,** étude historique (1793-1794). 3e édit. 1 vol. in-16 ... 3 fr. 50

— * **Études et leçons sur la Révolution française.** 6 vol. in-16. Chacun ... 3 fr. 50

BOITEAU (P.). **État de la France en 1789.** 2e édition. 1 vol. in-8 ... 10 fr.

BORNAREL (E.), docteur ès lettres. * **Cambon et la Révolution française.** 1 vol. in-8. 1906 ... 7 fr.

CAHEN (L.), docteur ès lettres, professeur au lycée Condorcet. * **Condorcet et la Révolution française.** 1 vol. in-8. (*Récompensé par l'Institut*) ... 10 fr.

CARNOT (H.), sénateur. * **La Révolution française,** résumé historique. 1 vol. in-16 ... 3 fr. 50

DEBIDOUR (A.), professeur à la Sorbonne. * **Histoire des rapports de l'Église et de l'État en France (1789-1870).** 1 fort vol. in-8. (*Couronné par l'Institut.*) 1898 ... 12 fr.

DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. **La politique orientale de Napoléon.** SÉBASTIANI et GARDANE (1806-1808). 1 vol. in-8. (*Récompensé par l'Institut*). 1902.......... 7 fr.
— * **Napoléon en Italie (1800-1812).** 1 vol. in-8. 1906.......... 10 fr.
— **La politique extérieure du 1er Consul (1800-1803).** (*Napoléon et l'Europe*). 1 vol. in-8. 1909.......... 7 fr.
DUMOULIN (Maurice). * **Figures du temps passé.** 1 vol. in-16. 1906.......... 3 fr. 50
GOMEL (G.). **Les causes financières de la Révolution française.** *Les ministères de Turgot et de Necker.* 1 vol. in-8.......... 8 fr.
— **Les causes financières de la Révolution française.** *Les derniers Contrôleurs généraux.* 1 vol. in-8.......... 8 fr.
— **Histoire financière de l'Assemblée Constituante (1789-1791).** 2 vol. in-8. 16 fr. — Tome I : (1789). 8 fr. Tome II : (1790-1791).......... 8 fr.
— **Histoire financière de la Législative et de la Convention.** 2 vol. in-8. 15 fr. — Tome I : (1792-1793). 7 fr. 50. Tome II : (1793-1795).......... 7 fr. 50
HARTMANN (Lieut.-Colonel). **Les officiers de l'armée royale et la Révolution.** 1 vol. in-8. 1909. (*Récompensé par l'Institut*).......... 10 fr.
MATHIEZ (A.), agrégé d'histoire, docteur ès lettres. * **La théophilanthropie et le culte décadaire** (1796-1801). 1 vol. in-8. 1903.......... 12 fr.
— * **Contributions à l'histoire religieuse de la Révolution française.** In-16. 1906.. 3 fr. 50
MARCELLIN PELLET, ancien député. **Variétés révolutionnaires.** 3 vol. in-16, précédés d'une préface de A. Ranc. Chaque vol. séparément.......... 3 fr. 50
MOLLIEN (Cte). **Mémoires d'un ministre du trésor public (1780-1815),** publiés par M. Ch. Gomel. 3 vol. in-8.......... 15 fr.
SILVESTRE, professeur à l'École des Sciences politiques. **De Waterloo à Sainte-Hélène** (20 juin-16 octobre 1815). 1 vol. in-16.......... 3 fr. 50
SPULLER (Eug.), ancien ministre de l'Instruction publique. **Hommes et choses de la Révolution.** 1 vol. in-18.......... 3 fr. 50
STOURM (R.), de l'Institut. **Les finances de l'ancien régime et de la Révolution.** 2 vol. in-8.......... 16 fr.
— **Les finances du Consulat.** 1 vol. in-8.......... 7 fr. 50
THENARD (L.) et GUYOT (R.). * **Le Conventionnel Goujon (1766-1793).** 1 vol. in-8. (*Récompensé par l'Institut.*) 1908.......... 5 fr.
VALLAUX (C.). * **Les campagnes des armées françaises (1793-1815).** 1 vol. in-16, avec 17 cartes dans le texte.......... 3 fr. 50

Époque contemporaine.

BLANC (Louis). * **Histoire de Dix ans (1830-1840).** 5 vol. in-8.......... 25 fr.
CHALLAYE (F.). **Le Congo Français.** *La question internationale du Congo.* In-8. 1909. 5 fr.
DEBIDOUR, professeur à la Sorbonne. * **Histoire des rapports de l'Église et de l'État en France (1789-1870).** 1 fort vol. in-8. (*Couronné par l'Institut*).......... 12 fr.
— * **L'Église catholique en France sous la troisième République (1870-1906).** — I. (1870-1889), 1 vol. in-8. 1906. 7 fr. — II. (1889-1906). 1 vol. in-8. 1909.......... 10 fr.
DELORD (Taxile). * **Histoire du second Empire (1848-1870).** 6 vol. in-8.......... 42 fr.
FÈVRE (J.), professeur à l'École normale de Dijon, et H. HAUSER, professeur à l'Université de Dijon. * **Régions et pays de France.** 1 vol. in-8, avec 147 gravures et cartes dans le texte. 1909.......... 7 fr.
GAFFAREL (P.), professeur à l'Université d'Aix-Marseille. * **La politique coloniale en France (1789-1830).** 1 vol. in-8. 1907.......... 7 fr.
— * **Les Colonies françaises.** 1 vol. in-8. 6e édition revue et augmentée.......... 5 fr.
GAISMAN (A.). * **L'Œuvre de la France au Tonkin.** Préface de M. J.-L. de Lanessan. 1 vol. in-16 avec 4 cartes en couleurs, 1906.......... 3 fr. 50
HUBERT (L.), député. * **L'éveil d'un monde.** *L'œuvre de la France en Afrique Occidentale.* 1 vol. in-16. 1909.......... 3 fr. 50
LANESSAN (J.-L. de). * **L'Indo-Chine française.** Étude économique, politique et administrative. 1 vol. in-8, avec 5 cartes en couleurs hors texte.......... 15 fr.
— * **L'État et les Églises en France.** *Histoire de leurs rapports, des origines jusqu'à la Séparation.* 1 vol. in-16. 1906.......... 3 fr. 50
— * **Les Missions et leur protectorat.** 1 vol. in-16. 1907.......... 3 fr. 50
LAPIE (P.), professeur à l'Université de Bordeaux. **Les Civilisations tunisiennes** (Musulmans, Israélites, Européens). In-16. 1898 (*Couronné par l'Académie française.*).......... 3 fr. 50
LEBLOND (Marius-Ary). **La société française sous la troisième République.** 1 vol. in-8. 1905.......... 5 fr.
NOEL (O.). **Histoire du commerce extérieur de la France depuis la Révolution.** 1 vol. in-8.......... 6 fr.
PIOLET (J.-B.). **La France hors de France,** notre émigration, sa nécessité, ses conditions, 1 vol. in-8. 1900 (*Couronné par l'Institut*).......... 10 fr.
SCHEFER (Ch.), professeur à l'École des sciences politiques. **La France moderne et le problème colonial (1815-1830).** 1 vol. in-8.......... 7 fr.
SPULLER (E.), ancien ministre de l'Instruction publique. * **Figures disparues,** portraits contemporains littéraires et politiques. 3 vol. in-16. Chacun.......... 3 fr. 50
TARDIEU (A.), Secrétaire honoraire d'ambassade. * **La France et les Alliances.** *La lutte pour l'équilibre.* 3e édition refondue et complétée, 1910. 1 vol. in-16. (*Récompensé par l'Institut*).......... 3 fr. 50
TCHERNOFF (J.). **Associations et Sociétés secrètes sous la deuxième République (1848-1851).** 1 vol. in-8. 1905.......... 7 fr.

VIGNON (L.), professeur à l'École coloniale. **La France dans l'Afrique du nord.** 2e édition. 1 vol. in-8. (*Récompensé par l'Institut.*)........................ 7 fr.
— **L'Expansion de la France.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50. — Le même. Édition in-8........ 7 fr.
WAHL, inspecteur général de l'Instruction publique, et A. BERNARD, professeur à la Sorbonne. * **L'Algérie.** 1 vol. in-8. 5e édit., 1908. (*Ouvrage couronné par l'Institut.*). 5 fr.
WEILL (G.), prof. adjoint à l'Univ. de Caen. **Le Parti républicain en France de 1814 à 1870.** 1 vol. in-8. 1900. (*Récompensé par l'Institut.*)........................ 10 fr.
— * **Histoire du mouvement social en France (1852-1910).** 2e édition. 1 vol. in-8.... 10 fr.
— **L'École saint-simonienne,** son histoire, son influence jusqu'à nos jours. In 16. 1896. 3 fr. 50
— **Histoire du catholicisme libéral en France (1828-1908).** 1 vol. in-16......... 3 fr. 50
ZEVORT (E.), recteur de l'Académie de Caen. **Histoire de la troisième République** :
Tome I. * *La Présidence de M. Thiers.* 1 vol. in-8. 3e édit........................ 7 fr.
Tome II. * *La Présidence du Maréchal.* 1 vol. in-8. 2e édit........................ 7 fr.
Tome III. * *La Présidence de Jules Grévy.* 1 vol. in-8. 2e édit..................... 7 fr.
Tome IV. *La Présidence de Sadi Carnot.* 1 vol. in-8............................ 7 fr.

ANGLETERRE

MANTOUX (P.), docteur ès lettres. **A travers l'Angleterre contemporaine.** *La guerre sud-africaine et l'opinion. L'organisation du parti ouvrier. L'évolution du Gouvernement et de l'État.* Préface de M. G. Monod, de l'Institut. 1 vol. in-16................ 3 fr. 50
METIN (Albert), prof. à l'École Coloniale. * **Le Socialisme en Angleterre.** 1 vol. in-16. 3 fr. 50

ALLEMAGNE

ANDLER (Ch.), prof. à la Sorbonne. * **Les origines du socialisme d'État en Allemagne.** 2e édition, revue, 1911. 1 vol. in-8 .... 7 fr.
GUILLAND (A.), professeur d'histoire à l'École polytechnique suisse. * **L'Allemagne nouvelle et ses historiens.** 1 vol. in-8. 1899.. 5 fr.
MATTER (P.), doct. en droit, substitut au tribunal de la Seine. * **La Prusse et la Révolution de 1848.** 1 vol. in-16. 1903.. 3 fr. 50
— * **Bismarck et son temps.** (*Couronné par l'Institut.*)
I. * *La préparation* (1815-1863). 1 vol. in-8. 1905.............................. 10 fr.
II. * *L'action* (1863-1870). 1 vol. in-8. 1906.................................. 10 fr.
III. * *Triomphe, splendeur et déclin* (1870-1898). 1 vol. in-8. 1908.............. 10 fr.
MILHAUD (E.), professeur à l'Université de Genève. * **La Démocratie socialiste allemande.** 1 vol. in-8. 1903.. 10 fr.
SCHMIDT (Ch.), docteur ès lettres. **Le grand-duché de Berg (1806-1813).** 1905. 1 vol. in-8. 10 fr.
VERON (Eug.). * **Histoire de la Prusse,** depuis la mort de Frédéric II. In-16. 6e édit. 3 fr. 50
— * **Histoire de l'Allemagne,** depuis la bataille de Sadowa jusqu'à nos jours. 1 vol. in-16. 3e édit., mise au courant des événements par P. Bondois........................ 3 fr. 50

AUTRICHE-HONGRIE

ASSELINE (L.). **Histoire de l'Autriche,** *depuis la mort de Marie-Thérèse jusqu'à nos jours.* 2e édit. 1 vol. in-18 avec une carte. 1884........................ 3 fr. 50
AUERBACH, professeur à l'Université de Nancy. * **Les races et les nationalités en Autriche-Hongrie.** 1 vol. in-8. (2e éd. *sous presse*)........................ 5 fr.
BOURLIER (J.). * **Les Tchèques et la Bohême contemporaine.** 1 vol. in-16....... 3 fr. 50
JARAY (G.-Louis), auditeur au Conseil d'État. **La question sociale et le socialisme en Hongrie.** 1 vol. in-8, avec 5 cartes hors texte. 1909. (*Récompensé par l'Institut.*)..... 7 fr.
MAILATH (Cte J. de). **La Hongrie rurale, sociale et politique.** Préface de M. René Henry. 1 vol. in-8. 1909.. 5 fr.
RECOULY (R.). * **Le pays magyar.** 1903. 1 vol. in-16........................ 3 fr. 50

POLOGNE

HANDELSMAN (M.). **Napoléon et la Pologne (1806-1807).** 1 vol. in-8............... 5 fr.

ITALIE

BOLTON KING (M. A.). * **Histoire de l'unité italienne.** Histoire politique de l'Italie, de 1814 à 1871. Introd. de M. Yves Guyot. 2 vol. in-8........................ 15 fr.
COMBES DE LESTRADE (Vte). **La Sicile sous la maison de Savoie.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50
GAFFAREL (P.), professeur à l'Université d'Aix-Marseille. * **Bonaparte et les Républiques italiennes** (1796-1799). 1895. 1 vol. in-8........................ 5 fr.
SORIN (Elie). * **Histoire de l'Italie,** depuis 1815 jusqu'à la mort de Victor-Emmanuel. 1 vol. in-16. 1888.. 3 fr. 50

ESPAGNE

REYNALD (H.). * **Histoire de l'Espagne,** depuis la mort de Charles III. 1 vol. in-16. 3 fr. 50

ROUMANIE

DAMÉ (Fr.). * **Histoire de la Roumanie contemporaine,** depuis l'avènement des princes indigènes jusqu'à nos jours. 1 vol. in-8. 1900........................ 7 fr.

SUÈDE

SCHEFER (C.). * **Bernadotte-roi (1810-1818-1844).** 1 vol. in-8. 1899................ 5 fr.

SUISSE

DAENDLIKER. * **Histoire du peuple suisse.** Trad. de l'allem. par Mme Jules Favre et précédé d'une Introduction de Jules Favre. 1 vol. in-8. .... 5 fr.

GRÈCE, TURQUIE, ÉGYPTE

BÉRARD (V.), docteur ès lettres. **La Turquie et l'Hellénisme contemporain.** (*Ouvrage cour. par l'Acad. française*). 1 vol. in-16. 6e édit. 1911 .... 3 fr. 50
DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. * **La question d'Orient**, préface de G. Monod, de l'Institut. 1 vol. in-8. 4e édit. 1909 (*Couronné par l'Institut*) .... 7 fr.
MÉTIN (Albert), professeur à l'École coloniale. * **La Transformation de l'Égypte.** 1 vol. in-16. 1903 (Cour. par la Soc. de géogr. commerciale) .... 3 fr. 50
RODOCANACHI (E.). * **Bonaparte et les îles Ioniennes.** 1 vol. in-8 .... 5 fr.

INDE

PIRIOU (E.), agrégé de l'Université. * **L'Inde contemporaine et le mouvement national.** 1905. 1 vol. in-16 .... 3 fr. 50

CHINE, JAPON

ALLIER (R.). **Le protestantisme au Japon (1859-1907).** 1 vol. in-16. 1908 .... 3 fr. 50
CORDIER (H.), de l'Institut, professeur à l'École des langues orientales. * **Histoire des relations de la Chine avec les puissances occidentales (1860-1902)**, avec cartes. 3 vol. in-8, chacun séparément .... 10 fr.
— * **L'Expédition de Chine de 1857-58.** Histoire diplomat. 1905. 1 vol. in-8 .... 7 fr.
— * **L'Expédition de Chine de 1860.** Histoire diplomat. 1906. 1 vol. in-8 .... 7 fr.
COURANT (M.), maître de conférences à l'Université de Lyon. **En Chine.** *Mœurs et Institutions. Hommes et Faits.* 1 vol. in-16 .... 3 fr. 50
DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. * **La Question d'Extrême-Orient.** 1 vol. in-8. 1907. 7 fr.
RODES (Jean). **La Chine nouvelle.** 1 vol. in-16. 1909 .... 3 fr. 50

AMÉRIQUE

DEBERLE (Alf.). * **Histoire de l'Amérique du Sud.** 1 vol. in-16. 3e éd .... 3 fr. 50
STEVENS. **Les Sources de la Constitution des États-Unis.** 1 vol. in-8 .... 7 fr. 50
VIALLATE (A.), professeur à l'École des Sciences politiques. **L'Industrie américaine.** 1 vol. in-8. 1908 .... 10 fr.

QUESTIONS POLITIQUES ET SOCIALES

BARNI (Jules). * **Histoire des Idées morales et politiques en France au XVIIIe siècle.** 2 vol. in-16. Chaque volume .... 3 fr. 50
— * **Les Moralistes français au XVIIIe siècle.** 1 vol. in-16 .... 3 fr. 50
LOUIS BLANC. **Discours politiques (1848-1881).** 1 vol. in-8 .... 7 fr. 50
BONET-MAURY. **La Liberté de conscience en France (1598-1905).** 1 vol. in-8, 2e édit. 5 fr.
D'EICHTHAL (Eug.), de l'Institut. **Souveraineté du Peuple et Gouvernement.** 1 vol. in-16, 1895 .... 3 fr. 50
DEPASSE (Hector), député. **Transformations sociales.** 1 vol. in-16. 1894 .... 3 fr. 50
— **Du Travail et de ses conditions.** 1 vol. in-16. 1895 .... 3 fr. 50
DESCHANEL (E.). * **Le Peuple et la Bourgeoisie.** 1 vol. in-8 .... 5 fr.
DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. * **Problèmes politiques et sociaux.** 1 vol. in-8. 2e édit. 1906 .... 7 fr.
— * **Le monde actuel.** *Tableau politique et économique.* 1 vol. in-8. 1909 .... 7 fr.
— et MONOD (G.). **Histoire politique et sociale (1815-1911).** (*Évolution du monde moderne.*) 2e édition. 1 vol. in-16, avec gravures et cartes .... 5 fr.
GUYOT (Yves), ancien ministre. **Sophismes socialistes et faits économiques.** 1 vol. in-16. 1908 .... 3 fr. 50.
LICHTENBERGER (A.). * **Le Socialisme utopique,** *étude sur quelques précurseurs du Socialisme.* 1 vol. in-16. 1898 .... 3 fr. 50
— * **Le Socialisme et la Révolution française.** 1 vol. in-8. 1898 .... 5 fr.
MATTER (P.). **La Dissolution des Assemblées parlementaires.** 1 vol. in-8. 1898 .... 5 fr.
NOVICOW. **La Politique internationale.** 1 vol. in-8 .... 7 fr.
PAUL LOUIS. **L'Ouvrier devant l'État.** Étude de la législation ouvrière dans les deux mondes. 1 vol. in-8. 1904 .... 7 fr.
— **Histoire du Mouvement syndical en France (1789-1906).** 1 vol. in-16. 1907 ... 3 fr. 50
REINACH (Joseph), député. **Pages républicaines.** 1 vol. in-16 .... 3 fr. 50
— * **La France et l'Italie devant l'Histoire.** 1 vol. in-8 .... 5 fr
Le socialisme à l'étranger. *Angleterre, Allemagne, Autriche, Italie, Espagne, Hongrie, Russie, Japon, États-Unis,* par MM. J. Bardoux, G. Gidel, Kinzo-Goraï, G. Isambert, G. Louis-Jaray, A. Marvaud, Da Motta de San Miguel, P. Quentin-Bauchart, M. Revon, A. Tardieu. Préface de A. Leroy-Beaulieu, de l'Institut, directeur de l'École des Sciences politiques, conclusion de J. Bourdeau, correspondant de l'Institut. 1 vol. in-16. 1909 .... 3 fr. 50
SPULLER (E.). * **L'Éducation de la Démocratie.** 1 vol. in-16. 1892 .... 3 fr. 50
— **L'Évolution politique et sociale de l'Église.** 1 vol. in-12. 1893 .... 3 fr. 50
* **La Vie politique dans les Deux Mondes.** Publiée sous la direction de M. A. VIALLATE, professeur à l'École des Sciences politiques, avec la collaboration de professeurs et d'anciens élèves de l'École des Sciences politiques.
1re année, 1906-1907. 1 fort vol. in-8. 1908 .... 10 fr.
2e année, 1907-1908. 1 fort vol. in-8. 1909 .... 10 fr.
3e année, 1908-1909. 1 vol. in-8. 1910 .... 10 fr.

BIBLIOTHÈQUE DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

HISTOIRE ET LITTÉRATURE ANCIENNES

* **De l'Authenticité des Épigrammes de Simonide**, par M. le Professeur H. Hauvette. 1 vol. in-8 .... 5 fr.

De la Flexion dans Lucrèce, par M. le Professeur Cartault. 1 vol. in-8 .... 4 fr.

* **La Main-d'Œuvre industrielle dans l'ancienne Grèce**, par M. le Professeur P. Guiraud. 1 vol. in-8 .... 7 fr.

* **Recherches sur le Discours aux Grecs de Tatien**, suivies d'une *traduction française du discours*, avec notes, par A. Puech, professeur adjoint à la Sorbonne. 1 vol. in-8 .... 6 fr.

* **Les « Métamorphoses » d'Ovide et leurs modèles grecs**, par A. Lafaye, professeur adjoint à la Sorbonne. 1 vol. in-8 .... 8 fr. 50

* **Mélanges d'histoire ancienne**, par MM. G. Bloch, J. Carcopino et L. Gernet. 1 vol. in-8 .... 12 fr. 50

Le dystique élégiaque chez Tibulle, Sulpicia, Lygdamus, par M. le professeur A. Cartault. 1 vol. in-8 .... 11 fr. (*Vient de paraître.*)

MOYEN AGE

* **Premiers Mélanges d'Histoire du Moyen Age**, par MM. le Professeur A. Luchaire, de l'Institut, Dupont-Ferrier et Poupardin. 1 vol. in-8 .... 3 fr. 50

Deuxièmes Mélanges d'Histoire du Moyen Age, par MM. le Professeur Luchaire, Halphen et Huckel. 1 vol. in-8 .... 6 fr.

Troisièmes Mélanges d'Histoire du Moyen Age, par MM. les Prof. Luchaire, Beyssier, Halphen et Cordey. 1 vol. in-8 .... 8 fr. 50

Quatrièmes Mélanges d'Histoire du Moyen Age, par MM. Jacquemin, Faral, Beyssier. 1 vol. in-8 .... 7 fr. 50

Cinquièmes Mélanges d'Histoire du Moyen Age, publiés sous la dir. de M. le Professeur A. Luchaire, par MM. Aubert, Carru, Dulong, Guébin, Huckel, Loirette, Lyon, Max Fazy, et Mlle Machkewitch. 1 vol. in-8 .... 5 fr.

* **Essai de Restitution des plus anciens Mémoriaux de la Chambre des Comptes de Paris**, par MM. J. Petit, Gavrilovitch, Maury et Téodoru, préface de M. le Professeur adjoint Ch.-V. Langlois. 1 vol. in-8 .... 9 fr.

Constantin V, empereur des Romains (740-775). *Étude d'histoire byzantine*, par A. Lombard, licencié ès lettres. Préf. de M. le Professeur Ch. Diehl, 1 vol. in-8 .... 6 fr.

Étude sur quelques Manuscrits de Rome et de Paris, par M. le Professeur A. Luchaire. 1 vol. in-8 .... 6 fr.

Les Archives de la Cour des Comptes, Aides et Finances de Montpellier, par L. Martin-Chabot, archiviste-paléographe. 1 vol. in-8 .... 8 fr.

Le latin de Saint-Avit, évêque de Vienne (450?-526?), par M. le Professeur H. Goelzer avec la collaboration de A. Mey. 1 vol. in-8 .... 25 fr.

PHILOLOGIE ET LINGUISTIQUE

* **Le Dialecte alaman de Colmar (Haute-Alsace) en 1870, grammaire et lexique**, par M. le Professeur Victor Henry. 1 vol. in-8 .... 8 fr.

* **Études linguistiques sur la Basse-Auvergne, phonétique historique du patois de Vinzelles (Puy-de-Dôme)**, par Albert Dauzat. Préface de M. le Professeur A. Thomas. 1 vol. in-8 .... 6 fr.

* **Antinomies linguistiques**, par M. le Professeur Victor Henry. 1 vol. in-8 .... 2 fr.

Mélanges d'Étymologie française, par M. le Professeur A. Thomas. 1 vol. in-8 .... 7 fr.

* **A propos du Corpus Tibullianum.** *Un siècle de philologie latine classique*, par M. le Professeur A. Cartault. 1 vol. in-8 .... 18 fr.

PHILOSOPHIE

L'Imagination et les Mathématiques selon Descartes, par P. Boutroux, prof. à l'Université de Nancy. 1 vol. in-8 .... 2 fr.

GÉOGRAPHIE

La Rivière Vincent-Pinzon. *Étude sur la cartographie de la Guyane*, par M. le Professeur Vidal de la Blache, de l'Institut. 1 vol. in-8 .... 6 fr.

LITTÉRATURE MODERNE

* **Mélanges d'Histoire littéraire**, par MM. Freminet, Dupin et Des Cognets. Préface de M. le Professeur Lanson. 1 vol. in-8 .... 6 fr. 50

HISTOIRE CONTEMPORAINE

* **Le treize Vendémiaire an IV**, par Henry Zivy, agrégé d'histoire, 1 vol. in-8 .... 4 fr.

PUBLICATIONS DIPLOMATIQUES

RECUEIL DES INSTRUCTIONS

DONNÉES AUX AMBASSADEURS ET MINISTRES DE FRANCE

Depuis les Traités de Westphalie jusqu'à la Révolution française.

Publié sous les auspices de la Commission des archives diplomatiques au Ministère des Affaires étrangères.

Beaux vol. in-8 raisin, imprimés sur papier de Hollande, avec Introduction et notes.

I. — **AUTRICHE**, par M. Albert SOREL, de l'Académie française.................. *Épuisé*.
II. — **SUÈDE**, par M. A. GEFFROY, de l'Institut.................................. 20 fr.
III. — **PORTUGAL**, par le Vicomte de CAIX DE SAINT-AYMOUR.......................... 20 fr.
IV et V. — **POLOGNE**, par M. Louis FARGES, chef de bureau aux Archives du Ministère des affaires étrangères. 2 vol.. 30 fr.
VI. — **ROME** (1648-1687) (tome I), par G. HANOTAUX, de l'Académie française....... 20 fr.
VII. — **BAVIÈRE, PALATINAT ET DEUX-PONTS**, par M. André LEBON.................... 25 fr.
VIII et IX. — **RUSSIE**, par M. Alfred RAMBAUD, de l'Institut. 2 vol. Le 1er volume. 20 fr. Le second volume.. 25 fr.
X. — **NAPLES ET PARME**, par M. Joseph REINACH, député............................ 20 fr.
XI. — **ESPAGNE** (1649-1750) (tome I), par MM. MOREL-FATIO, professeur au Collège de France, et LÉONARDON.. 20 fr.
XII et XII *bis*. — **ESPAGNE** (1750-1789) (tomes II et III), par les mêmes........... 40 fr.
XIII. — **DANEMARK**, par A. GEFFROY, de l'Institut................................. 14 fr.
XIV et XV. — **SAVOIE-SARDAIGNE-MANTOUE**, par HORRIC de BEAUCAIRE, ministre plénipotentiaire. 2 vol.. 40 fr.
XVI. — **PRUSSE**, par M. A. WADDINGTON, professeur à l'Université de Lyon. 1 vol. (*Couronné par l'Institut*.).. 28 fr.

INVENTAIRE ANALYTIQUE

DES ARCHIVES DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

Publié sous les auspices de la Commission des Archives diplomatiques.

Correspondance politique de MM. de CASTILLON et de MARILLAC, ambassadeurs de France en Angleterre (1527-1542), par M. Jean KAULEK, avec la collaboration de MM. Louis Farges et Germain Lefèvre-Pontalis. 1 vol. in-8 raisin..................... 15 fr.

Papiers de BARTHÉLEMY, ambassadeur de France en Suisse, de 1792 à 1797, 6 volumes in-8 raisin. I. Année 1792. 15 fr. — II. Janvier-août 1793. 15 fr. — III. Septembre 1793 à mars 1794. 18 fr. — IV. Avril 1794 à février 1795. 20 fr. — V. Septembre 1794 à septembre 1796, par M. Jean KAULEK, 20 fr. — Tome VI et dernier, Novembre 1794 à Février 1796, par M. Alexandre TAUSSERAT-RADEL.............. 12 fr.

Correspondance politique d'ODET DE SELVE, ambassadeur de France en Angleterre (1546-1549), par G. LEFÈVRE-PONTALIS. 1 vol. in-8 raisin........................ 15 fr.

Correspondance politique de GUILLAUME PELLICIER, ambassadeur de France à Venise (1540-1542), par M. Alexandre TAUSSERAT-RADEL. 1 fort vol. in-8 raisin........... 40 fr.

Correspondance des Deys d'Alger avec la Cour de France (1759-1833), recueillie par Eug. PLANTET. 2 vol. in-8 raisin.. 30 fr.

Correspondance des Beys de Tunis et des Consuls de France avec la Cour (1577-1830), recueillie par Eugène PLANTET. 3 vol. in-8. Tome I (1577-1700). *Épuisé*. — Tome II (1700-1770). 20 fr. — Tome III (1770-1830)... 20 fr.

Les Introducteurs des Ambassadeurs (1589-1900). 1 vol. in-4, avec figures dans le texte et planches hors texte.. 20 fr.

Histoire de la représentation diplomatique de la France auprès des cantons suisses, de leurs alliés et de leurs confédérés, publiée sous les auspices des archives fédérales suisses par E. ROTT. Tome I (1430-1559), 1 vol. gr. in-8. 12 fr. — Tome II (1559-1610), 1 vol. gr. in-8, 15 fr. — Tome III (1610-1626). *L'affaire de la Valteline* (1re partie) (1620-1626). 1 vol. gr. in-8, 20 fr. — Tome IV (1626-1635) (1re partie). *L'affaire de la Valteline* (2e partie) (1626-1633). 1 vol. gr. in-8.................................. 15 fr.

HISTOIRE DIPLOMATIQUE

Voir *Bibliothèque d'histoire contemporaine*, p. 18 à 21 du présent Catalogue

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

* REVUE PHILOSOPHIQUE
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Dirigée par TH. RIBOT, membre de l'Institut, professeur honoraire au Collège de France.
(36e année, 1911). — Paraît tous les mois.

Abonnement du 1er janvier : Un an : Paris, **30** fr. — Départements et étranger, **33** fr.
La livraison, **3** fr.

Les années écoulées, chacune **30** fr. et la livraison **3** fr.

* REVUE DU MOIS

Directeur : **Émile BOREL**, professeur à la Sorbonne.
Secrétaire de la rédaction : A. BIANCONI, agrégé de l'Université.

(6e année 1911) Paraît le 10 de chaque mois par livraisons de 128 pages grand in-8 (25 × 16)

Chaque année forme deux volumes de 750 à 800 pages chacun.

La Revue du Mois, qui est entrée en janvier 1910 dans sa cinquième année, suit avec attention dans toutes les parties du savoir le mouvement des idées. Rédigée par des spécialistes éminents, elle a pour objet de tenir sérieusement les esprits cultivés au courant de tous les progrès. Dans des articles de fonds aussi nombreux que variés, elle dégage les résultats les plus généraux et les plus intéressants de chaque ordre de recherches, ceux qu'on ne peut ni ne doit ignorer. Dans des notes plus courtes, elle fait place aux discussions, elle signale et critique les articles de Revues, les livres qui méritent intérêt.

Abonnement :

Un an : Paris, **20** fr. — Départements, **22** fr. — Étranger, **25** fr.
Six mois : — **10** fr. — — **11** fr. — — **12** fr. **50**.
La livraison, **2** fr. **25**.

Les abonnements partent du dix de chaque mois.

* Journal de Psychologie Normale et Pathologique

DIRIGÉE PAR LES DOCTEURS

Pierre JANET, Professeur au Collège de France, et **Georges DUMAS**, Professeur adjoint à la Sorbonne.

(8e année, 1911.) — Paraît tous les deux mois.

Abonnement du 1er janvier : France et Étranger, **14** fr. — La livraison, **2** fr. **60**

Le prix d'abonnement est de 12 fr. pour les abonnés de la Revue Philosophique.

* REVUE HISTORIQUE

Dirigée par MM. G. MONOD, de l'Institut, **et Ch. BÉMONT.**
(36e année, 1911.) — Paraît tous les deux mois.

Abonnement du 1er janvier : Un an : Paris, **30** fr. — Départements et étranger, **33** fr.
La livraison. **6** fr.

Les années écoulées, chacune **30** fr.; le fascicule, **6** fr. Les fascicules de la 1re année, **9** fr.

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

VOLUMES IN-8, CARTONNÉS A L'ANGLAISE; OUVRAGES A 6, 9 ET 12 FRANCS

Derniers volumes parus :

CUÉNOT (L.), professeur à la Faculté des sciences de Nancy. **La Genèse des espèces animales.** 1 vol. in-8 avec 123 grav. dans le texte.... 12 fr.

LE DANTEC (F.), chargé de cours à la Sorbonne. **La Stabilité de la vie.** *Étude énergétique de l'évolution des espèces*.... 6 fr.

ROUBINOVITCH (Dr J.), médecin en chef de l'hospice de Bicêtre. **Aliénés et anormaux.** 1 vol. in-8 avec 63 figures.... 6 fr.

PRÉCÉDEMMENT PARUS :

ANGOT (A.), directeur du Bureau météorologique. * **Les Aurores polaires.** 1 vol. in-8, avec figures.... 6 fr.

ARLOING, prof. à l'Ecole de médecine de Lyon. * **Les Virus.** 1 vol. in-8.... 6 fr.

BAGEHOT. * **Lois scientifiques du développement des nations.** 1 vol. in-8. 7e éd.... 6 fr.

BAIN. * **L'Esprit et le Corps.** 1 vol. in-8. 6e édition.... 6 fr.

BAIN (A.). * **La Science de l'éducation.** 1 vol. in-8. 9e édition.... 6 fr.

BALFOUR STEWART. * **La Conservation de l'énergie**, avec fig. 1 vol. in-8. 6e édit.... 6 fr.

BERNSTEIN. * **Les Sens.** 1 vol. in-8, avec 91 figures. 5e édition.... 6 fr.

BERTHELOT, de l'Institut. * **La Synthèse chimique.** 1 vol. in-8. 10e édition.... 6 fr.

— * **La Révolution chimique, Lavoisier.** 1 vol. in-8. 2e éd.... 6 fr.

BINET. * **Les Altérations de la personnalité.** 1 vol. in-8. 2e édition.... 6 fr.

BINET et FÉRÉ. * **Le Magnétisme animal.** 1 vol. in 8. 5e édition.... 6 fr.

BLASERNA et HELMHOLTZ. * **Le Son et la Musique.** 1 vol. in-8. 5e édition.... 6 fr.

BOURDEAU (L.). **Histoire de l'habillement et de la parure.** 1 vol. in-8.... 6 fr.

BRUNACHE (P.). * **Le Centre de l'Afrique. Autour du Tchad.** 1 vol. in-8, avec figures.... 6 fr.

CANDOLLE (de). * **L'Origine des plantes cultivées.** 1 vol. in-8. 4e édition.... 6 fr.

CARTAILHAC (E.). **La France préhistorique**, d'après les sépultures et les monuments. 1 vol. in-8, avec 162 figures. 2e édition.... 6 fr.

CHARLTON BASTIAN. * **Le Cerveau, organe de la pensée chez l'homme et chez les animaux.** 2 vol. in-8, avec figures. 2e édition.... 12 fr.

— **L'Évolution de la vie.** Traduction de l'anglais et avant-propos par H. de Varigny. 1 vol. in-8, illustré, avec figures dans le texte et 12 planches hors texte.... 6 fr.

COLAJANNI (N.). * **Latins et Anglo-Saxons.** 1 vol. in-8.... 9 fr.

CONSTANTIN (Capitaine). **Le rôle sociologique de la guerre et le sentiment national.** Suivi de la traduction de *La guerre, moyen de sélection collective*, par le Dr Steinmetz. 1 vol in-8.... 6 fr.

COOKE et BERKELEY. * **Les Champignons.** 1 vol. in-8, avec figures. 4e édition.... 6 fr.

COSTANTIN (J.), prof. au Muséum. * **Les végétaux et les Milieux cosmiques** (adaptation, évolution). 1 vol. in-8, avec 171 gravures.... 6 fr.

— * **La Nature tropicale.** 1 vol. in-8, avec gravures.... 6 fr.

— * **Le Transformisme appliqué à l'agriculture.** 1 vol. in-8, avec 105 gravures... 6 fr.

DAUBRÉE, de l'Institut. **Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes.** 1 vol. in-8, avec 85 fig. dans le texte. 2e édition.... 6 fr.

DEMENY (G.). * **Les bases scientifiques de l'éducation physique.** 1 vol. in-8, avec 198 gravures. 4e édition.... 6 fr.

— **Mécanisme et éducation des mouvements.** 1 vol. in-8, avec 565 gravures. 4e édit. 9 fr.

DEMOOR, MASSART et VANDERVELDE. * **L'évolution régressive en biologie et en sociologie.** 1 vol. in-8, avec gravures.... 6 fr.

DRAPER. **Les Conflits de la science et de la religion.** 1 vol. in-8. 12e édition.... 6 fr.

DUMONT (L.). * **Théorie scientifique de la sensibilité.** 1 vol. in-8. 4e édition.... 6 fr.

GELLÉ (E.-M.). ***L'audition et ses organes**. 1 vol. in-8, avec gravures............ 6 fr.
GRASSET (J.), prof. à la Faculté de médecine de Montpellier. — **Les Maladies de l'orientation et de l'équilibre**. 1 vol. in-8, avec gravures........................ 6 fr.
GROSSE (E.). ***Les débuts de l'art**. 1 vol. in-8, avec gravures.................... 6 fr.
GUIGNET et GARNIER. * **La Céramique ancienne et moderne**. 1 vol., avec gravures.. 6 fr.
HERBERT SPENCER. ***Les Bases de la morale évolutionniste**. 1 vol. in-8. 6e édit.... 6 fr.
— ***La Science sociale**. 1 vol. in-8. 14e édition.. 6 fr.
HUXLEY. ***L'Écrevisse, introduction** à l'étude de la Zoologie. 1 vol. in-8, avec figures, 2e édition.. 6 fr.
JACCARD, professeur à l'Académie de Neuchâtel (Suisse). ***Le pétrole, le bitume et l'asphalte** au point de vue géologique. 1 vol. in-8, avec figures.................. 6 fr.
JAVAL (E.), de l'Académie de médecine. ***Physiologie de la lecture et de l'écriture**. 1 vol. in-8, avec 96 gravures. 2e édition.. 6 fr.
LAGRANGE (F.). ***Physiologie des exercices du corps**. 1 vol. in-8. 7e édition..... 6 fr.
LALOY (L.). ***Parasitisme et mutualisme dans la nature**. Préface du Prof. A. Giard, de l'Institut. 1 vol. in-8, avec 82 gravures.. 6 fr.
LANESSAN (DE). ***Introduction à l'Étude de la botanique** (*le Sapin*). 1 vol. in-8. 2e édition, avec 143 figures.. 6 fr.
— ***Principes de colonisation**. 1 vol. in-8.. 6 fr.
LE DANTEC, chargé de cours à la Sorbonne. — ***Théorie nouvelle de la vie**. 4e édit. 1 vol. in-8, avec figures.. 6 fr.
— **L'évolution individuelle et l'hérédité**. 1 vol. in-8.. 6 fr.
— **Les lois naturelles**. 1 vol. in-8, avec gravures.. 6 fr.
LOEB, professeur à l'Université Berkeley. * **La dynamique des phénomènes de la vie**. Traduit de l'allemand par MM. Daudin et Schaeffer, agrégés de l'Université, préface de M. le prof. A. Giard, de l'Institut. 1 vol. in-8 avec fig.................... 9 fr.
LUBBOCK (SIR JOHN). * **Les Sens et l'instinct chez les animaux**, principalement chez les insectes. 1 vol. in-8, avec 150 figures.. 6 fr.
MALMÉJAC (F.). **L'eau dans l'alimentation**. 1 vol. in-8, avec fig................... 6 fr.
MAUDSLEY. ***Le Crime et la Folie**. 1 vol. in-8. 7e édition............................ 6 fr.
MEUNIER (Stan.), professeur au Muséum. — ***La Géologie comparée**. 1 vol. in-8, avec gravures. 2e édition.. 6 fr.
— ***La géologie générale**. 1 vol. in-8, avec gravures. 2e édit.......................... 6 fr.
— ***La Géologie expérimentale**. 1 vol. in-8, avec gravures. 2e édit.................... 6 fr.
MEYER (de). ***Les Organes de la parole et leur emploi pour la formation des sons du langage**. 1 vol. in-8, avec 51 gravures.. 6 fr.
MORTILLET (G. de). ***Formation de la Nation française**. 2e édit. 1 vol. in-8, avec 150 gravures et 18 cartes.. 6 fr.
MOSSO (A.), professeur à l'Univ. de Turin. * **Les exercices physiques et le développement intellectuel**. 1 vol. in-8.. 6 fr.
NIEWENGLOWSKI (H.). ***La photographie et la photochimie**. 1 vol. in-8, avec gravures et une planche hors texte.. 6 fr.
NORMAN LOCKYER. ***L'Évolution inorganique**. 1 vol. in-8 avec gravures......... 6 fr.
PERRIER (Edm.), de l'Institut. **La Philosophie zoologique avant Darwin**. 1 vol. in-8. 3e édition.. 6 fr.
PETTIGREW. ***La Locomotion chez les animaux**, marche, natation et vol. 1 vol. in-8, avec figures. 2e édition.. 6 fr.
QUATREFAGES (DE), de l'Institut. ***L'Espèce humaine**. 1 vol. in-8. 15e édit....... 6 fr.
— ***Darwin et ses précurseurs français**. 1 vol. in-8. 2e édit. refondue............ 6 fr.
— ***Les Émules de Darwin**. 2 vol. in-8, avec préfaces de MM. Ed. Perrier et Hamy. 12 fr.
RICHET (Ch.), professeur à la Faculté de médecine de Paris. **La Chaleur animale**. 1 vol. in-8, avec figures.. 6 fr.
ROCHÉ (G.). ***La Culture des Mers** (piscifacture, pisciculture, ostréiculture). 1 vol. in-8, avec 81 gravures.. 6 fr.
SCHMIDT (O.). ***Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques**. 1 vol. in-8, avec 51 figures.. 6 fr.
SCHUTZENBERGER, de l'Institut. ***Les Fermentations**. 1 vol. in-8. 6e édition...... 6 fr.
SECCHI (le Père). ***Les Étoiles**. 2 vol. in-8, avec fig. et pl. 3e édition............ 12 fr.
STALLO. ***La Matière et la Physique moderne**. 1 vol. in-8. 3e édition.............. 6 fr.
STARCKE. ***La Famille primitive**. 1 vol. in-8.. 6 fr.
THURSTON (R.). ***Histoire de la machine à vapeur**, 2 vol. in-8, avec 140 figures et 16 planches hors texte. 3e édition.. 12 fr.
TOPINARD. **L'Homme dans la Nature**. 1 vol. in-8, avec figures...................... 6 fr.
VAN BENEDEN. ***Les Commensaux et les Parasites dans le règne animal**. 1 vol. in-8, avec figures. 4e édition.. 6 fr.
VRIES (Hugo de). **Espèces et Variétés**, trad. de l'allemand par L. Blaringhem, chargé d'un cours à la Sorbonne, avec préface. 1 vol. in-8.......................... 12 fr.
WHITNEY. ***La Vie du Langage**. 1 vol. in-8. 4e édition.................................. 6 fr.
WURTZ, de l'Institut. ***La Théorie atomique**. 1 vol. in-8, 9e édition.............. 6 fr.

NOUVELLE COLLECTION SCIENTIFIQUE

Directeur : **ÉMILE BOREL**

Professeur à la Sorbonne.

VOLUMES IN-16 A 3 FR. 50

Volumes publiés en 1910.

MEUNIER (Stanislas), professeur de géologie au Muséum d'histoire naturelle. **L'évolution des Théories géologiques.** 1 vol. in-16, avec gravures........ 3 fr. 50

NIEDERLE (Lubor), professeur à l'Université de Prague. **La Race slave,** *Statistique, démographie, anthropologie.* Traduit du tchèque et précédé d'une préface, par L. Leger, de l'Institut. 1 vol. in-16........ 3 fr. 50

PAINLEVÉ (Paul), de l'Institut, et BOREL (Emile). **L'Aviation.** 3e édition. 1 vol. in-16, avec gravures........ 3 fr. 50

DUCLAUX (Jacques), préparateur à l'Institut Pasteur. **La Chimie de la Matière vivante.** 2e édition. 1 vol. in-16........ 3 fr. 50

MAURAIN (Ch.), professeur à la Faculté des sciences de Caen. **Les États physiques de la Matière.** 2e éd. 1 vol. in-16, avec gravures........ 3 fr. 50

Précédemment parus.

LE DANTEC (F.), chargé du cours de biologie générale à la Sorbonne. **Éléments de Philosophie biologique.** 1 vol. in-16. 2e édition........ 3 fr. 50

BONNIER (Dr P.). Laryngologiste de la clinique médicale de l'Hôtel-Dieu. **La Voix.** *Sa culture physiologique. Théorie nouvelle de la phonation.* 3e édition. 1 vol. in-16, avec gravures........ 3 fr. 50

De la Méthode dans les Sciences :

1. *Avant-propos*, par M. P.-F. Thomas, docteur ès lettres, professeur de philosophie au lycée Hoche. — 2. *De la Science*, par M. Émile Picard, de l'Institut. — 3. *Mathématiques pures*, par M. J. Tannery, de l'Institut. — 4. *Mathématiques appliquées*, par M. Painlevé, de l'Institut. — 5. *Physique générale*, par M. Bouasse, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse. — 6. *Chimie*, par M. Job, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers. — 7. *Morphologie générale*, par M. A. Giard, de l'Institut. — 8. *Physiologie*, par M. Le Dantec, chargé de cours à la Sorbonne. — 9. *Sciences médicales*, par M. Pierre Delbet, professeur à la Faculté de médecine de Paris. — 10. *Psychologie*, par M. Th. Ribot, de l'Institut. — 11. *Sciences médicales*, par M. Durkheim, professeur à la Sorbonne. — 12. *Morale*, par M. Lévy-Bruhl, professeur à la Sorbonne. — 13. *Histoire*, par M. G. Monod, de l'Institut. 2e édition, 1 vol. in-16........ 3 fr. 50

THOMAS (P.-F.), professeur au lycée Hoche. **L'Éducation dans la Famille.** *Les péchés des parents.* 3e édition. 1 vol. in-16 (*Couronné par l'Institut*)........ 3 fr. 50

LE DANTEC (F.). **La Crise du Transformisme.** 2e édition. 1 vol. in-16........ 3 fr. 50

OSTWALD (W.), professeur à l'Université de Leipzig. **L'Énergie**, traduit de l'allemand par E. Philippi, licencié ès sciences. 2e édition. 1 vol. in-16........ 3 fr. 50

Bibliothèque Utile

AGRICULTURE — TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
HYGIÈNE ET MÉDECINE USUELLE — PHYSIQUE ET CHIMIE
SCIENCES NATURELLES — ÉCONOMIE POLITIQUE ET SOCIALE
PHILOSOPHIE ET DROIT — HISTOIRE — GÉOGRAPHIE ET COSMOGRAPHIE

Élégants volumes in-32, de 192 pages ; chaque volume broché, 60 cent.

Viennent de paraître :

Collas et Driault. **Histoire de l'Empire ottoman** *jusqu'à la Révolution de 1909.*

Yves Guyot. **Les Préjugés économiques.**

Eisenmenger (G.). **Les Tremblements de terre,** avec gravures.

Faque (L.). **L'Indo-Chine française.** *Cochinchine, Cambodge, Annam, Tonkin.* 2e édition, mise à jour jusqu'en 1910.

AGRICULTURE

Acloque. Insectes nuis.
Berget. Viticulture.
— Pratique des vins.
— Les Vins de France.
Larbalétrier. L'agriculture française.
— Plantes d'apparlem.
Petit. Economie rurale.
Vaillant. Petite chimie de l'agriculteur.

TECHNOLOGIE

Bellet. Grands ports maritimes.
Brothier. Hist. de la terre.
Dallet. Navig. aérienne.
Dufour. Dict. des falsif.
Gastineau. Génie et science.
Genevoix. Matières premières.
— Procédés industriels.
Gossin. La machine à vapeur.
Maigne. Mines de France.
Mayer. Les chem. de fer.

HYGIÈNE — MÉDECINE

Cruveilhier. Hygiène.
Laumonier. Hygiène de la cuisine.
Merklen. La tuberculose.
Monin. Les maladies épidémiques.
Sérieux et **Mathieu.** L'alcool et l'alcoolisme.
Turck. Médecine populaire.

PHYSIQUE — CHIMIE

Bouant. Hist. de l'eau.
— Princ. faits de la chimie.
Huxley. Premières notions sur les sciences.
Albert Lévy. Hist. de l'air.
Zurcher. L'atmosphère.

SCIENCES NATURELLES

H. Beauregard. Zoologie.
Coupin. Vie dans les mers.
Eisenmenger. Tremblements de terre.
Geikie. Géologie.
Gérardin. Botanique.
Jouan. La chasse et la pêche des anim. marins.
Zaborowski. L'homme préhistorique.
— Migrations des anim.
— Les grands singes.
— Les mondes disparus.
Zurcher et **Margollé.** Télescope et microscope.

ÉCONOMIE POLITIQUE ET SOCIALE

Coste. Richesse et bonh.
— Alcoolisme ou Épargne.
Guyot (Yves). Préjugés économiques.
Jevons. Economie polit.
Larrivé. L'assistance publique.
Leneveux. Budget du foyer.
— Le travail manuel.
Mongredien. Libre-échange en Angleterre.
Paul-Louis. Lois ouvr.

ENSEIGNEMENT BEAUX-ARTS

Collier. Les beaux-arts.
Jourdy. Le patriotisme à l'école.
G. Meunier. Hist. de l'art.
— Hist. de la littérature française.
Pichat. L'art et les artist.
H. Spencer. De l'éducat.

PHILOSOPHIE — DROIT

Enfantin. La vie éternelle.
Ferrière. Darwinisme.
Jourdan. Justice crimin.
Morin. La loi civile.
Eug. Noël. Voltaire et Rousseau.
F. Paulhan. La physiologie de l'esprit.
Renard. L'homme est-il libre ?
Robinet. Philos. posit.
Zaborowski. L'origine du langage.

HISTOIRE

Antiquité.

Combes. La Grèce.
Creighton. Histoire rom.
Mahaffy. L'ant. grecque
Ott. L'Asie et l'Egypte.

France.

Bastide. La Réforme.
Bère. L'armée française.
Buchez. Mérovingiens.
— Carlovingiens.
Carnot. La Révolution française. 2 vol.
Debidour. Rapports de l'Eglise et de l'Etat (1789-1871).
Doneaud. La marine française.
Faque. L'Indo-Chine française.
Larrivière. Origines de la guerre de 1870.
Fréd. Lock. Jeanne d'Arc.
— La Restauration.
Quesnel. Conquête de l'Algérie.
Zevort. Louis-Philippe.

Pays étrangers.

Bondois. L'Europe cont.
Collas et **Driault.** L'Empire ottoman.
Eug. Despois. Les révolutions d'Angleterre.
Doneaud. La Prusse.
Faque. Indo-Chine.
Henneguy. L'Italie.
E. Raymond. L'Espagne.
Regnard. L'Angleterre.
Ch. Rolland. L'Autriche.

GÉOGRAPHIE COSMOGRAPHIE

Amigues. A travers le ciel.
Blerzy. Colon. anglaises.
— Torrents, fleuves et canaux.
Boillot. La pluralité des mondes de Fontenelle.
Catalan. Astronomie.
Gaffarel. Frontières françaises.
Girard de Rialle. Peuples de l'Asie et de l'Europe.
Grove. Continents, Océans.
Jouan. Iles du Pacifique.
Zurcher et **Margollé.** Les phénomènes célestes.

PUBLICATIONS

HISTORIQUES, PHILOSOPHIQUES ET SCIENTIFIQUES

qui ne se trouvent pas dans les collections précédentes.

Volumes parus en 1910 :

BESANÇON (A.), docteur ès lettres. **Les adversaires de l'hellénisme à Rome pendant la période républicaine.** 1 vol. gr. in-8 ... 10 fr.

BRUNHES (J.), professeur aux Universités de Fribourg et de Lausanne. **La géographie humaine.** *Essai de classification positive. Principes et exemples.* 1 vol. grand in-8, avec 202 grav. et cartes dans le texte et 4 cartes hors texte ... 20 fr.

DARBON (A.), docteur ès lettres. **Le concept du hasard dans la philosophie de Cournot.** Brochure in-8 ... 2 fr.

GASTÉ (M. DE). **Réalités imaginatives.... Réalités positives.** *Essai d'un code moral basé sur la science.* Préface de F. LE DANTEC, chargé de cours à la Sorbonne. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

HOCHREUTINER (B.-P.-G.), docteur ès sciences. **La philosophie d'un naturaliste.** *Essai de synthèse du monisme mécaniste et de l'idéalisme solipsiste.* 1 vol. in-18 ... 7 fr. 50

JAEL (Mme Marie). **Un nouvel état de conscience.** *La coloration des sensations tactiles.* 1 vol. in-8 avec 33 planches ... 4 fr.

PETIT (Edouard), inspecteur général de l'Instruction publique. **De l'école à la cité.** *Étude sur l'éducation populaire.* 1 vol. in-16 ... 3 fr. 50

REMACLE. **La philosophie de S. S. Laurie.** 1 vol. in-8 ... 7 fr. 50

VAN BRABANT (W). **Psychologie du vice infantile.** 1 vol. gr. in-8 ... 3 fr. 50

WULFF (M. de). **Histoire de la philosophie en Belgique.** 1 vol. gr. in-8 ... 7 fr. 50

Précédemment parus :

ALAUX. **Philosophie morale et politique.** 1 vol. in-8. 1893 ... 7 fr. 50

— **Théorie de l'âme humaine.** 1 vol. in-8. 1895 ... 10 fr.

— **Dieu et le Monde.** *Essai de philosophie première.* 1901. 1 vol. in-12. 2 fr. 50 (Voir p. 2).

AMIABLE (Louis). **Une loge maçonnique d'avant 1789.** 1 vol. in-8 ... 6 fr.

ANDRÉ (L.), docteur ès lettres. **Michel Le Tellier et l'organisation de l'armée monarchique.** 1 vol. in-8 (*couronné par l'Institut*). 1906 ... 14 fr.

— **Deux mémoires inédits de Claude Le Pelletier.** 1 vol. in-8. 1906 ... 3 fr. 50

ARDASCHEFF (P.), professeur d'histoire à l'Université de Kiew. * **Les intendants de province sous Louis XVI.** Traduit du russe par L. Jousserandot, sous-bibliothécaire à l'Université de Lille. 1 vol. grand in-8. (*Cour. par l'Acad. Impér. de St-Pétersbourg*). 10 fr.

ARMINJON (P.), prof. à l'Ecole Khédiviale de Droit du Caire. **L'enseignement, la doctrine et la vie dans les universités musulmanes d'Égypte.** 1 vol. in-8. 1907 ... 6 fr. 50

ARRÉAT. **Une Éducation intellectuelle.** 1 vol. in-18 ... 2 fr. 50

— **Journal d'un philosophe.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50 (Voy. p. 2 et 6).

* **Autour du monde**, par les BOURSIERS DE VOYAGE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS. (*Fondation Albert Kahn.*) 1 vol. gr. in-8. 1904 ... 10 fr.

ASLAN (G.). **La Morale selon Guyau** 1 vol. in-16. 1906 ... 2 fr.

— **Le jugement chez Aristote.** Br. in-18. 1908 ... 1 fr. (Voir p. 2).

BACHA (E.). **Le Génie de Tacite.** 1 vol. in-18 ... 4 fr.

BELLANGER (A.), docteur ès lettres. **Les concepts de cause et l'activité intentionnelle de l'esprit.** 1 vol. in-8. 1905 ... 5 fr.

BEMONT (Ch.), et MONOD (G.). — **Histoire de l'Europe au Moyen âge (395-1270).** Nouvelle édit. 1 vol. in-18, avec grav. et cartes en couleurs ... 5 fr. (Voir p. 24).

BENOIST-HANAPPIER (L.), maître de conférences à l'Université de Nancy. **Le drame naturaliste en Allemagne.** 1 v. in-8. 1905. (*Couronné par l'Académie française*). 7 fr. 50

BERTON (H.), docteur en droit. **L'Évolution constitutionnelle du second Empire.** Doctrines, textes, histoire. 1 fort vol. in-8. 1900 ... 12 fr.

BLUM (E.), professeur au lycée de Lyon. **La déclaration des droits de l'homme et du citoyen.** Préface de G. COMPAYRÉ, inspecteur général. 4e édit. 1909. 1 vol. in-8 (*Récompensé par l'Institut*) ... 3 fr. 75

BOURDEAU (Louis). **Théorie des sciences.** 2 vol. in-8 ... 20 fr.

— **La Conquête du monde animal.** 1 vol. in-8 ... 5 fr.

— **La Conquête du monde végétal.** 1 vol. in-8. 1893 ... 5 fr.

— **L'Histoire et les historiens.** 1 vol. in-8 ... 7 fr. 50

— * **Histoire de l'alimentation.** 1894. 1 vol. in-8 ... 5 fr. (Voir p. 7 et 26).

BOURDIN. **Le Vivarais,** essai de géographie régionale, 1 vol. in-8. (Ann. de l'Univ. de Lyon). 6 fr.
BOURGEOIS (E.). **Lettres intimes de J.-M. Alberoni adressées au comte J. Rocca.** 1 vol. in-8. (Ann. de l'Univ. de Lyon)........ 10 fr.
BOUTROUX (Em.), de l'Institut. * **De l'Idée de la loi naturelle.** In-8. 2 fr. 50 (Voir p. 3 et 7).
BRANDON-SALVADOR (Mme). **A travers les moissons.** *Ancien Testament. Talmud. Apocryphes. Poètes et moralistes juifs du moyen âge.* 1 vol. in-16. 1903........ 4 fr.
BRASSEUR. **Psychologie de la force.** 1 vol. in-8. 1907........ 3 fr. 50
BROOKS ADAMS. **Loi de la civilisation et de la décadence.** 1 vol. in-8........ 7 fr. 50
BROUSSEAU (K.). **Éducation des nègres aux États-Unis.** 1 vol. in-8........ 7 fr. 50
BUDÉ (E. de). **Les Bonaparte en Suisse.** 1 vol. in-12. 1905........ 3 fr. 50
BUNGE (C.-O.). **Psychologie individuelle et sociale.** 1 vol. in-16. 1904........ 3 fr.
CANTON (G.). **Napoléon antimilitariste.** 1902. 1 vol. in-16........ 3 fr. 50
CARDON (G.), docteur ès lettres. * **La Fondation de l'Université de Douai.** 1 vol. in-8. 10 fr.
CAUDRILLIER (G.), docteur ès lettres, inspecteur d'Académie. **La trahison de Pichegru et les intrigues royalistes dans l'Est avant fructidor.** 1 vol. gr. in-8. 1908........ 7 fr. 50
CHARRIAUT (H.). **Après la séparation.** *L'avenir des églises.* 1 vol. in-12. 1905. 3 fr. 50
CLAMAGERAN. **La lutte contre le mal.** 1 vol. in-18. 1897........ 3 fr. 50
— **Philosophie religieuse.** *Art et voyages.* 1 vol. in-12. 1904........ 3 fr. 50
— **Correspondance (1849-1902).** 1 vol. gr. in-8. 1905........ 10 fr.
COLLIGNON (A.). **Diderot.** *Sa vie, ses œuvres, sa correspondance.* 2e édit. 1907. 1 vol. in-12........ 3 fr. 50
COMBARIEU (J.), chargé de cours au Collège de France. * **Les rapports de la musique et de la poésie.** 1 vol. in-8. 1893........ 7 fr. 50
Ier Congrès de l'Éducation sociale, Paris 1900. 1 vol. in-8. 1901........ 10 fr.
IVe Congrès international de Psychologie, Paris 1900. 1 vol. in-8........ 20 fr.
COTTIN (Cte P.), ancien député. **Positivisme et anarchie.** Agnostiques français. *Auguste Comte, Littré, Taine.* 1 vol. in-16. 1908........ 2 fr.
COUBERTIN (P. de). **La gymnastique utilitaire.** 2e édit. 1 vol. in-12........ 2 fr. 50
DANTU (G.), docteur ès lettres. **Opinions et critiques d'Aristophane sur le mouvement politique et intellectuel à Athènes.** 1 vol. gr. in-8. 1907........ 3 fr.
— **L'éducation d'après Platon.** 1 vol. gr. in-8. 1907........ 6 fr.
DANY (G.), docteur en droit. * **Les Idées politiques en Pologne à la fin du XVIIIe siècle.** *La Constitution du 3 mai* 1793. 1 vol. in-8. 1901........ 6 fr.
DAREL (Th.). **Le peuple-roi.** *Essai de sociologie universaliste.* 1 vol. in-18. 1904. 3 fr. 50
DAURIAC. **Croyance et réalité.** 1 vol. in-18. 1889........ 3 fr. 50 (V. p 3 et 7).
DAVILLÉ (L.), docteur ès lettres. **Les prétentions de Charles III, duc de Lorraine, à la couronne de France.** 1 vol. grand in-8. 1909........ 6 fr. 50 (Voir p. 13).
DERAISMES (Mlle Maria). **Œuvres complètes.** 4 vol. in-8. Chacun........ 3 fr. 50
DEROCQUIGNY (J.). **Charles Lamb.** *Sa vie et ses œuvres.* In-8. (Trav. de l'Univ. de Lille). 12 fr.
DESCHAMPS. **Principes de morale sociale.** 1 vol. in-8. 1903........ 3 fr. 50
DOLLOT (R.), docteur en droit. **Les origines de la neutralité de la Belgique (1609-1830).** 1 vol. in-8. 1902........ 10 fr.
DUBUC (P.), doct. ès lettres, * **Essai sur la méthode de la métaphysique.** 1 vol. in-8.. 5 fr.
DUGAS (L.), docteur ès lettres. * **L'amitié antique.** 1 vol. in-8.... 7 fr. 50 (Voir p. 3 et 7)
DUNAN, docteur ès lettres. * **Sur les formes a priori de la sensibilité.** 1 vol. in-8. 5 fr. (Voir p. 2 et 3).
DUPUY (Paul). **Les fondements de la morale.** 1 vol. in-8. 1900........ 5 fr.
— **Méthodes et concepts.** 1 vol. in-8. 1903........ 5 fr.
* **Entre Camarades,** par les anciens élèves de l'Université de Paris. *Histoire, littérature, philologie, philosophie.* 1901. 1 vol. in-8........ 10 fr.
FABRE (P.). **Le Polyptique du chanoine Benoit.** In-8. (Trav. de l'Univ. de Lille)... 3 fr. 50
FERRÈRE (F.). **La situation religieuse de l'Afrique romaine** depuis la fin du IVe siècle jusqu'à l'invasion des Vandales. 1 vol. in-8. 1898........ 7 fr. 50
Fondation universitaire de Belleville (La). Ch. GIDE. *Travail intellectuel et travail manuel* : J. BARDOUX. *Premiers efforts et première année.* 1 vol. in-16........ 1 fr. 50
FOUCHER DE CAREIL (Cte). **Descartes,** *la Princesse Élisabeth et la Reine Christine,* d'après des lettres inédites. Nouvelle édit. 1 vol. in-8. 1909........ 4 fr.
GELEY (G.). **Les preuves du transformisme.** 1 vol. in-8. 1901........ 6 fr. (Voir p. 3).
GILLET (M.). **Fondement intellectuel de la morale.** 1 vol. in-8........ 3 fr. 75
GIRAUD-TEULON. **Les origines de la papauté.** 1 vol. in-12. 1905........ 2 fr.
GOURD, prof. Univ. de Genève. **Le Phénomène.** 1 vol. in-8........ 7 fr. 50 (Voir p. 6).
GRIVEAU (M.). **Les Éléments du beau.** 1 vol. in-18........ 4 fr. 50
— **La Sphère de beauté,** 1901. 1 vol. in-8........ 10 fr.
GUEX (F.), professeur à l'Université de Lausanne. **Histoire de l'Instruction et de l'Éducation.** 1 vol. in-8 avec gravures. 1906........ 6 fr.
GUYAU. **Vers d'un philosophe.** 1 vol. in-18. 6e édit........ 3 fr. 50 (Voir p. 3, 8 et 13).
HALLEUX (J.). **L'Évolutionnisme en morale** (*H. Spencer*). 1 vol. in-12........ 3 fr. 50
HALOT (C.). **L'Extrême-Orient.** 1 vol. in-16, 1905........ 4 fr.
HARTENBERG (Dr P.). **Sensations païennes.** 1 vol. in-16. 1907........ 3 fr. (Voir p. 9).

HOCQUART (E.). **L'Art de juger le caractère des hommes par leur écriture**, préface de J. Crépieux-Jamin. Br. in-8. 1898 .... 1 fr.

HOFFDING (H.), prof. à l'Université de Copenhague. ***Morale.** *Essais sur les principes théoriques et leur application aux circonstances particulières de la vie*, trad. de la 2e édit. allemande par L. Poitevin, prof. au Collège de Nantua. 2e édit. 1 vol. in-8. 1907. 10 fr. (Voir p. 9).

ICARD. **Paradoxes ou vérités.** 1 vol. in-12. 1895 .... 3 fr. 50

JAMES (W.). **L'Expérience religieuse**, traduit par F. Abauzit, agrégé de philosophie. 1 vol. in-8. 2e édit. 1908. (*Cour. par l'Acad. française*) .... 10 fr.

— ***Causeries pédagogiques**, trad. par L. Pidoux, préface de M. Payot, recteur de l'Académie d'Aix. 2e édition augmentée. 1 vol. in-16. 1909 .... 2 fr. 50 (Voir p. 3).

JANET (Pierre), professeur au Collège de France. **L'État mental des hystériques.** *Les stigmates mentaux des hystériques, les accidents mentaux des hystériques, études sur divers symptômes hystériques. Le traitement psychologique de l'hystérie.* 2e édition 1911. 1 vol. grand in-8, avec gravures .... 18 fr. (Voir p. 9 et 24).

— et RAYMOND (F.), professeur de la clinique des maladies nerveuses à la Salpêtrière. **Névroses et idées fixes.** I. *Études expérimentales sur les troubles de la volonté, de l'attention, de la mémoire. sur les émotions, les idées obsédantes et leur traitement.* 2e édition 1904. 1 vol. grand in-8, avec 97 fig .... 12 fr.

II. *Névroses, maladies produites par les émotions, les idées obsédantes et leur traitement.* 2e édition 1908. 1 vol. gr. in-8, avec 68 grav .... 14 fr.

(*Ouvrage couronné par l'Académie des sciences et par l'Académie de médecine.*)

— **Les obsessions et la psychasthénie.** I. *Études cliniques et expérimentales sur les idées obsédantes, les impulsions, les manies mentales, la folie du doute, les tics, les agitations, les phobies, les délires du contact, les angoisses, les sentiments d'incomplétude, la neurasthénie, les modifications des sentiments du réel, leur pathokénie et leur traitement.* 2e édition 1908. 1 vol. grand in-8, avec 32 gravures .... 18 fr.

II. *États neurasthéniques, aboulies, incomplétude, agitations et angoisses diffuses, algies, phobies, délires du contact, tics, manies mentales, folies du doute, idées obsédantes, impulsions.* 2e édit. 1911. 1 vol. grand in-8 avec 32 gravures .... 14 fr.

JANSSENS (E.). **Le néo-criticisme de Ch. Renouvier.** 1 vol. in-16. 1904 .... 3 fr. 50

— **La philosophie et l'apologétique de Pascal.** 1 vol. in-16 .... 4 fr.

JOURDY (Général). **L'instruction de l'armée française, de 1815 à 1902.** 1 vol. in-16. 1903. 3 fr. 50 (Voir p. 29).

JOYAU. **Essai sur la liberté morale.** 1 vol. in-18 .... 3 fr. 50 (Voir p. 15).

KARPPE (S.), docteur ès lettres. **Les origines et la nature du Zohar**, précédé d'une *Étude sur l'histoire de la Kabbale.* 1901. 1 vol. in-8 .... 7 fr. 50 (Voir p. 9).

KAUFMANN. **La cause finale et son importance.** 1 vol. in-12 .... 2 fr. 50

KEIM (A.). **Notes de la main d'Helvétius**, publiées d'après un manuscrit inédit avec une introduction et des commentaires. 1 vol. in-8. 1907 .... 3 fr. (Voir p. 9).

KINGSFORD (A.) et MAITLAND (E.). **La Voie parfaite ou le Christ ésotérique**, précédé d'une préface d'Édouard Schuré. 1 vol. in-8. 1892 .... 6 fr.

KOSTYLEFF (N.). **Évolution dans l'histoire de la philosophie.** 1 vol. in-16 .... 2 fr. 50

— **Les substituts de l'âme dans la psychologie moderne.** 1 vol. in-8. 4 fr. (Voir p. 2).

LABROUE (H.), prof. agrégé d'histoire au lycée de Bordeaux. **Le conventionnel Pinet**, d'après ses mémoires inédits. Broch. in-8. 1907 .... 3 fr.

— **Le Club Jacobin de Toulon (1790-1796).** Broch. gr. in-8. 1907 .... 2 fr.

LACAZE-DUTHIERS (G. de). *L'art et la vie.* **Le culte de l'idéal ou l'artistocratie.** 1 vol. in-8. 1909 .... 7 fr. 50

LACOMBE (Cl de). **La maladie contemporaine.** *Examen des principaux problèmes sociaux au point de vue positiviste.* 1 vol. in-8. 1906 .... 3 fr. 50

LALANDE (A.), maître de conférences à la Sorbonne. ***Précis raisonné de morale pratique** par questions et réponses. 1 vol. in-16. 2e édit. 1909 .... 1 fr. (Voir p. 9).

LANESSAN (de), ancien ministre de la Marine. **Le Programme maritime de 1900-1906.** 1 vol. in-12. 2e édit. 1903 .... 3 fr. 50

— ***L'éducation de la femme moderne.** 1 vol. in-16. 1907. 3 fr. 50 (V. p. 9, 16, 17, 25 et 27).

— **Le bilan de notre marine.** 1 vol. in-16. 1909 .... 3 fr. 50

LASSERRE (A.). **La participation collective des femmes à la Révolution française.** 1 vol. in-8. 1905 .... 5 fr.

LASSERRE (E.). **Les délinquants passionnels et le criminaliste Impallomeni**, 1908. 1 vol. in-16 .... 2 fr.

LAVELEYE (Em. de). **De l'avenir des peuples catholiques.** Br. in-8 .... 0 fr. 25

LECLÈRE (A.), professeur à l'Université de Berne. ***La morale rationnelle dans ses relations avec la philosophie générale.** 1 vol. in-8. 1908 .... 7 fr. 50 (Voir p. 10).

LEFEVRE G. ***Les Variations de Guillaume de Champeaux et la Question des Universaux.** Étude suivie de documents originaux. 1898. 1 vol. in-8. (Trav. de l'Univ. de Lille). 3 fr.

LEMAIRE (P.). **Le cartésianisme chez les Bénédictins.** 1 vol. in-8 .... 6 fr. 50

LÉON (A.), docteur ès lettres. **Les éléments cartésiens de la doctrine spinoziste sur les rapports de la pensée et de son objet.** 1 vol. grand in-8. 1909 .... [illegible]

LETAINTURIER (J.). Le socialisme devant le bon sens [illegible]

LEVY (L.-G.), docteur ès lettres. **La famille dans l'antiquité israélite.** 1 vol. in-8. 1905. (*Couronné par l'Académie française*)........ 5 fr.
LÉVY-SCHNEIDER (L.), professeur à l'Université de Lyon. **Le conventionnel Jean-Bon Saint-André (1749-1813).** 1901. 2 vol. in-8........ 15 fr.
LUQUET (G.-H.), agrégé de philosophie. **Éléments de logique formelle.** Br. in-8. 1 fr. 50
MABILLEAU (L.). **Histoire de la philosophie atomistique.** 1 vol. in-8. 1895........ 12 fr.
MAC-COLL (Malcolm). **Le Sultan et les grandes puissances.** Essai historique, traduit de l'anglais par J. RONGUET, préface d'Urbain Gohier. 1899. 1 vol. gr. in-8........ 5 fr.
MAGNIN (E.). **L'art et l'hypnose.** 1 vol. gr. in-8 avec grav. et pl. cart. 1906........ 20 fr.
MAINDRON (Ernest). * **L'Académie des Sciences.** 1 vol. in-8 cavalier, avec 53 grav., portraits, plans, 8 pl. hors texte et 2 autographes........ 6 fr.
MANDOUL (J.). **Un homme d'État italien : Joseph de Maistre.** 1 vol. in-8........ 8 fr.
MARIÉTAN (J.). **La classification des sciences, d'Aristote à saint Thomas.** 1 vol. in-8. 1901........ 3 fr.
MARTIN (W.). **La situation du catholicisme à Genève (1815-1907).** *Étude de droit et d'histoire.* 1 vol. in-16. 1909........ 3 fr. 50
MATAGRIN. **L'esthétique de Lotze.** 1 vol. in-12. 1900........ 2 fr.
MATTEUZI. **Les facteurs de l'évolution des peuples.** 1900. 1 vol. in-16........ 6 fr.
MAUGÉ (F.), docteur ès lettres. **Le rationalisme comme hypothèse méthodologique.** 1 vol. grand in-8. 1909........ 10 fr.
MILHAUD (G.), professeur à la Sorbonne. * **Le positivisme et le progrès de l'esprit.** 1 vol. in-16. 1902........ 2 fr. 50 (Voir p. 4 et 13).
MODESTOV (B.). * **Introduction à l'Histoire romaine.** *L'ethnologie préhistorique, les influences civilisatrices à l'époque préromaine et les commencements de Rome*, traduit du russe par MICHEL DELINES. Avant-propos de M. Salomon Reinach, avec 39 planches hors texte et 27 figures dans le texte. 1907........ 15 fr.
MONNIER (Marcel). * **Le drame chinois** (juillet-août 1900). 1 vol. in-16. 1900 ... 2 fr. 50
MORIN (JEAN), archéologue. **Archéologie de la Gaule et des pays circonvoisins** *depuis les origines jusqu'à Charlemagne*, suivie d'une description raisonnée de la collection Morin. 1 vol. in-8 avec 74 fig. dans le texte et 26 pl. hors texte........ 6 fr.
NEPLUYEFF (N. de). **La confrérie ouvrière et ses écoles.** 1 vol. in-12........ 2 fr.
NODET (V.). **Les agnoscies, la cécité psychique.** 1 vol. in-8. 1899........ 4 fr.
NORMAND (Ch.), docteur ès lettres, prof. au lycée Condorcet. * **La Bourgeoisie française au XVII[e] siècle.** *La vie publique. Les idées et les actions politiques.* (1604-1661). Études sociales. 1 vol. gr. in-8, avec 8 pl. hors texte. 1907........ 12 fr.
NOVICOW (J.). **La Question d'Alsace-Lorraine.** 1 broch. in-8........ 1 fr.
— **La Fédération de l'Europe.** 1 vol. in-16. 2[e] édit. 1901.... 3 fr. 50 (Voir p. 4, 10 et 21).
PALHORIÈS (F.), docteur ès lettres. **La théorie idéologique de Galuppi dans ses rapports avec la philosophie de Kant.** 1 vol. in-8. 1909........ 4 fr. (Voir p. 15).
PARISET (G.), professeur à l'Université de Nancy. **La Revue germanique de Dollfus et Nefftzer.** Br. in-8. 1906........ 2 fr.
PAULHAN (Fr.). **Le Nouveau mysticisme.** 1 vol. in-18... 2 fr. 50 (Voir p. 2, 4, 10 et 29).
PELLETAN (Eugène). * **La naissance d'une ville** (Royan). 1 vol. in-18........ 2 fr.
— * **Jarousseau, le pasteur du désert.** nouv. édit. 1 vol. in-18. 1907........ 2 fr.
— * **Un Roi philosophe.** *Frédéric le Grand.* 1 vol. in-18........ 3 fr. 50
— **Droits de l'homme.** 1 vol. in-16........ 3 fr. 50
PENJON (A.). **Pensée et Réalité,** de A. SPIR, trad. de l'allem. In-8. (Trav. de l'Univ. de Lille)........ 2 fr. 50
— **L'Énigme sociale.** 1902. 1 vol. in-8. (Travaux de l'Université de Lille)........ 2 fr. 50
PEREZ (Bernard). **Mes deux chats.** 1 vol. in-12. 2[e] édition........ 1 fr. 50
— **Jacotot et sa Méthode d'émancipation intellectuelle** 1 vol. in-18........ 3 fr.
— **Dictionnaire abrégé de philosophie.** 1893. 1 vol. in-1........ 1 fr. 50 (V. p. 11).
PHILBERT (Louis). **Le Rire.** 1 vol. in-8. (Cour. par l'Académie française.)........ 7 fr. 50
PHILIPPE (J.). **Lucrèce dans la théologie chrétienne.** 1 vol. in-8. 2 fr. 50 (Voir p. 2 et 4).
PIAT (C.). **L'Intellect actif.** 1 vol. in-8........ 4 fr.
— **L'Idée ou critique du Kantisme.** 2[e] édition. 1901. 1 vol. in-8........ 6 fr.
— **De la croyance en Dieu.** 1 vol in-18. 2[e] édit. 1909........ 3 fr. 50 (Voir p. 11, 14 et 15).
PICARD (Ch.). **Sémites et Aryens.** 1 vol. in-18. 1893........ 1 fr. 50
PICTET (Raoul). **Étude critique du matérialisme et du spiritualisme par la physique expérimentale.** 1 vol. gr. in-8........ 10 fr.
PILASTRE (E.). **Vie et caractère de Mme de Maintenon,** d'après les œuvres du duc de Saint-Simon et des documents anciens et récents, avec une introduction et des notes. 1 vol. in-8, avec portraits, vues et autographe. 1907........ 5 fr.
— **La religion au temps du duc de St-Simon,** d'après ses écrits rapprochés de documents anciens ou récents, avec une introduction et des notes. 1 vol. in-8........ 6 fr.

PINLOCHE (A.), professeur honoraire de l'Université de Lille. * **Pestalozzi et l'éducation populaire moderne.** 1 vol. in-16. 1902. (*Cour. par l'Institut.*)........ 2 fr. 50
— * **Principales Œuvres de Herbart.** 1 vol. in-8. (Trav. de l'Univ. de Lille)........ 7 fr. 50
PITOLLET (C.), agrégé d'espagnol, docteur ès lettres. **La querelle caldéronienne de Johan Nikolas Böhl von Faber et José Joaquin de Mora,** reconstituée d'après des documents originaux. 1 vol. in-8. 1909........ 15 fr.
— **Contributions à l'étude de l'hispanisme de G.-E. Lessing.** 1 vol. in-8. 1909..... 15 fr.
POEY. **Littré et Auguste Comte.** 1 vol. in-18........ 3 fr. 50
— **Le positivisme,** 1 vol. in-18. 1876........ 4 fr. 50
PRADINES (M.), docteur ès lettres, professeur agrégé de philosophie au lycée de Bordeaux. **Critique des conditions de l'action.**
Tome I. *L'Erreur morale établie par l'histoire et l'évolution des systèmes.* 1 vol. in-8. 1909........ 10 fr.
Tome II. *Principes de toute philosophie de l'action.* 1 vol. in-8. 1909........ 5 fr.
PRAT (Louis), docteur ès lettres. **Le mystère de Platon.** 1 vol. in-8........ 4 fr.
— **L'Art et la beauté.** 1 vol. in-8. 1903........ 5 fr. (Voir page 11).
REGNAUD (P.). **Origine des idées et science du langage.** 1 vol. in-12. 1 fr. 50 (V. p. 5).
RENOUVIER, de l'Inst. **Uchronie.** *Utopie dans l'Histoire.* 2e éd. 1901. 1 vol. in-8. 7 fr. 50 (Voir page 11).
Revue Germanique (*Allemagne, Angleterre, Etats-Unis, Pays-Scandinaves*) 5 années — 1905 à 1909, chaque année, 1 fort volume grand in-8........ 14 fr.
REYMOND (A.). **Logique et mathématiques.** *Essai historique et critique sur le nombre infini.* 1 vol. in-8. 1909........ 5 fr.
ROBERTY (J.-E.). **Auguste Bouvier,** pasteur et théologien protestant. 1826-1893. 1 fort vol. in-12. 1901........ 3 fr. 50
ROISEL. **Chronologie des temps préhistoriques.** In-12. 1900........ 1 fr. (Voir page 5).
ROSSIER (E.). **Profils de Reines.** *Isabelle de Castille, Catherine de Médicis, Elisabeth d'Angleterre, Anne d'Autriche, Marie-Thérèse, Catherine II, Louise de Prusse, Victoria.* Préface de G. Monod, de l'Institut. 1 vol. in-16. 1909........ 3 fr. 50
SABATIER (C.). **Le Duplicisme humain.** 1 vol. in-18. 1906........ 2 fr. 50
SECRETAN (H.). **La Société et la morale.** 1 vol. in-12. 1897........ 3 fr. 50
SEIPPEL (P.), professeur à l'Ecole polytechnique de Zurich. **Les deux Frances et leurs origines historiques.** 1 vol. in-8. 1906........ 7 fr. 50
SIGOGNE (E.). **Socialisme et monarchie.** 1 vol. in-16. 1906........ 3 fr.
SOREL (Albert), de l'Acad. française. **Traité de Paris de 1815.** 1 vol. in-8........ 4 fr. 50
TARDE (G.), de l'Institut. **Fragment d'histoire future.** 1 vol. in-8. 5 fr. (Voir p. 5, 12 et 16).
VALENTINO (Dr Ch.). **Notes sur l'Inde.** 1 vol. in-16. 1906........ 4 fr.
VAN BIERVLIET (J.-J.). **Psychologie humaine.** 1 vol. in-8........ 8 fr.
— **La Mémoire.** Br. in-8. 1893........ 2 fr.
— **Études de psychologie.** (*Homme droit. — Homme gauche.*) 1 vol. in-8. 1901. ... 4 fr.
— **Causeries psychologiques.** 2 vol. in-8. Chacun........ 3 fr.
— **Esquisse d'une éducation de la mémoire.** 1904. 1 vol. in-16........ 2 fr.
— **La psychologie quantitative.** 1 vol. in-8. 1907........ 4 fr.
VAN OVERBERGH. **La réforme de l'enseignement.** 2 vol. in-4. 1906........ 10 fr.
VERMALE (F.) et ROCHET (A.). **Registre des délibérations du Comité révolutionnaire d'Aix-les-Bains** (*Documents pour l'Histoire de la Révolution en Savoie*). 1 vol. in-8. 4 fr.
VITALIS. **Correspondance politique de Dominique de Gabre.** 1 vol. in-8........ 12 fr. 50
WYLM (Dr). **La morale sexuelle.** 1 vol. in-8. 1907........ 5 fr.
ZAPLETAL. **Le récit de la création dans la Genèse.** 1 vol. in-8........ 3 fr. 50

***Envoi franco*, contre demande, des autres Catalogues**

DE LA LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

Catalogue des livres de fonds, SCIENCES ET MÉDECINE (anciennement Germer Baillière et Cie).

Catalogue des livres de fonds, ÉCONOMIE POLITIQUE, SCIENCE FINANCIÈRE (anciennement Guillaumin et Cie).

Livres classiques, ENSEIGNEMENT SECONDAIRE.

Livres classiques, ENSEIGNEMENT PRIMAIRE SUPÉRIEUR ET POPULAIRE.

Bibliothèque utile, collection populaire à 60c le volume.

Catalogue général et complet par ordre alphabétique de noms d'auteurs.

TABLE DES AUTEURS ÉTUDIÉS

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

